

RECOMMANDATIONS POUR L'ADAPTATION DE L'ÉVALUATION DU RISQUE
ÉCOTOXICOLOGIQUE POUR LE NORD QUÉBÉCOIS

Par
Valérie Lauzon

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Madame Nathalie Paquet

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Août 2016

SOMMAIRE

Mots clés : risque écotoxicologique, évaluation du risque, récepteur, Nord québécois, développement nordique, Plan Nord, outil de gestion

Pour assurer une gestion adéquate des écosystèmes nordiques à l'approche du développement de nouvelles activités économiques, le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec a pris l'initiative d'adapter certains de ses outils, plus particulièrement sa *Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique*. En effet, bien que l'outil soit applicable au Québec méridional, des recommandations pour adapter la méthodologie au Nord en permettraient une utilisation plus judicieuse pour les divers intervenants utilisant cet outil de gestion de l'environnement.

L'objectif de cet essai est d'identifier les aspects de l'outil devant être adaptés pour son application dans le Nord québécois et de proposer des recommandations pour y arriver. Ainsi, une première analyse des activités économiques en essor sur le territoire a permis d'identifier les substances qui pourraient être problématiques et pour lesquelles aucun critère de gestion ou de valeur toxicologique de référence n'est disponible au Québec, comme les métaux des terres rares, l'uranium et les fractions des hydrocarbures pétroliers. Une recherche approfondie sur les particularités du territoire à l'étude a permis, pour sa part, d'identifier des espèces écologiques représentatives et qui pourraient être utilisées comme récepteurs potentiels. À la suite de l'analyse de l'outil de gestion d'évaluation du risque écotoxicologique, trois recommandations principales ont pu être émises dans le but de l'adapter à ce territoire unique : 1) établir des critères de sols pour les contaminants susceptibles d'être émis dans le Nord québécois, 2) développer des valeurs toxicologiques de références pour le plus haut niveau de sensibilités pour ces mêmes substances et 3) recueillir les informations nécessaires sur des récepteurs nordiques clés pour pouvoir évaluer le risque écotoxicologique qu'ils courent.

Finalement, un exemple d'application des recommandations, notamment l'utilisation de nouveaux récepteurs, tels que le caribou migrateur et le lièvre arctique, ainsi que l'utilisation de critères génériques et de valeurs toxicologiques de référence d'autres juridictions, a permis d'évaluer le risque pour un cas fictif en milieu nordique. Bien que le besoin d'investir des efforts de recherches pour pallier certaines lacunes ait été identifié, les recommandations proposées permettront de cibler ces efforts sur les éléments les plus problématiques pour permettre, finalement, d'adapter l'outil aux réalités des écosystèmes fragiles et uniques de ce territoire particulier.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ma directrice d'essai, Nathalie Paquet, écotoxicologue au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, pour sa confiance en mes compétences et pour tout le soutien qu'elle a su m'apporter au long de la rédaction de mon essai.

Je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont pu me guider au courant des derniers mois, soit :

- Maud Ablain (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques), pour m'avoir renseignée sur les projets en cours sur les territoires de la Baie-James et du Nunavik;
- Denis Audette (Ministère des Transports du Québec et chargé de cours à l'Université de Sherbrooke), pour son expertise des nombreux aspects du Nord québécois;
- Pascale Ropars (étudiante postdoctorale à l'Université du Québec à Rimouski), pour m'avoir aidé à identifier les espèces présentes sur le territoire à l'étude;
- Jean Gagnon (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs), pour son incroyable savoir sur les lichens du Québec;
- Jean-Pierre Trépanier (concepteur du logiciel TerraSysTM), pour ses opinions et conseils sur les évaluations des risques écotoxicologiques au Québec; et,
- Mario Cormier (Environnement et Changement climatique Canada), pour son expertise en gestion des terrains contaminés au niveau fédéral.

Je remercie le Regroupement QuébecOiseaux, le Service canadien de la faune d'Environnement et Changement climatique Canada et Études d'Oiseaux Canada de m'avoir fourni les données de l'Atlas des oiseaux, ainsi que les milliers de participants qui ont recueilli des données pour ce projet.

Finalement, je remercie mon amoureux, pour sa patience et son aide, ainsi que mes amis, pour leurs encouragements. Leurs bons mots m'ont permis de continuer malgré la fatigue et la frénésie de l'été.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1 DÉVELOPPEMENT DU NORD QUÉBÉCOIS.....	3
1.1 Les activités minières	5
1.2 La foresterie.....	11
1.3 Le tourisme et les réserves fauniques.....	13
1.4 Le transport lié aux activités	16
2 PARTICULARITÉS ENVIRONNEMENTALES DU NORD QUÉBÉCOIS.....	18
2.1 La géographie.....	18
2.2 Le climat.....	20
2.3 La flore	24
2.4 La faune.....	28
2.4.1 Les invertébrés du sol.....	29
2.4.2 Les oiseaux	29
2.4.3 Les mammifères	35
3 ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE	39
3.1 Le cadre législatif québécois	39
3.1.1 La <i>Loi sur la qualité de l'environnement</i> et ses règlements	39
3.1.2 La <i>Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés</i>	41
3.1.3 Les évaluations des risques au Québec	42
3.2 La procédure d'évaluation du risque écotoxicologique.....	44
4 ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR L'ADAPTATION DE L'ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE AU NORD QUÉBÉCOIS.....	51
4.1 Les critères	51
4.2 Les valeurs de références.....	53
4.3 Les récepteurs.....	56
5 EXEMPLE D'APPLICATION DES RECOMMANDATIONS POUR L'ADAPTATION DE L'ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE AU NORD QUÉBÉCOIS	61
5.1 Description de la problématique.....	61
5.2 Description sommaire de la contamination	61
5.3 Modèle conceptuel	62
5.3.1 Scénario d'exposition retenu pour la faune et la flore.....	62
5.3.2 Mécanismes de transport	62

5.3.3	Récepteurs écologiques et voies d'exposition	63
5.3.4	Synthèse du modèle conceptuel.....	64
5.3.5	Identification des réponses écologiques appréhendées	66
5.4	Méthode d'évaluation et estimation des risques.....	66
5.5	Résultats obtenus	70
5.6	Discussion sur l'incertitude de l'analyse et conclusion.....	72
5.7	Application des recommandations pour l'adaptation de l'ÉRE au milieu nordique	72
CONCLUSION		73
RÉFÉRENCES.....		75
BIBLIOGRAPHIE		86
ANNEXE 1 – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DE LA BAIE-JAMES		87
ANNEXE 2 – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DU NUNAVIK.....		91
ANNEXE 3 – CRITÈRES GÉNÉRIQUES POUR LES SOLS		95
ANNEXE 4 – LES COMMUNAUTÉS AUTOCHTONES DANS LES LIMITES DU TERRITOIRE À L'ÉTUDE.....		98
ANNEXE 5 – ÉVALUATION DES ESPÈCES D'INVERTÉBRÉS TERRESTRES POUR L'ANALYSE DE LA CONTAMINATION DES SOLS DES RÉGIONS BORÉALES ET NORDIQUES.....		100
ANNEXE 6 – ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉS DANS LES RÉGIONS AU NORD DU 49 ^E PARALLÈLE		101
ANNEXE 7 – ESPÈCES DE MAMMIFÈRES TERRESTRES AYANT UNE RÉPARTITION S'ÉTENDANT AU NORD DU 49 ^E PARALLÈLE		109
ANNEXE 8 – SECTEURS D'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE SUSCEPTIBLES DE CONTAMINER LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES.....		114
ANNEXE 9 – CRITÈRES DES SOLS DISPONIBLES DU CCME ET DE LA BASE DE DONNÉES DÉVELOPPÉE DANS LE CADRE DU PASCF		117
ANNEXE 10 – FICHES COMPILANT LES INFORMATIONS ESSENTIELLES POUR L'APPLICATION D'UNE ÉRE SUR LE CARIBOU MIGRATEUR ET LE LIÈVRE ARCTIQUE.....		120

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Projets soumis à une évaluation environnementale et sociale, région de la Baie-James	4
Figure 1.2	Projets soumis à une évaluation environnementale et sociale, région du Nunavik	4
Figure 1.3	Répartition de l'investissement minier par région administrative au Québec, en 2014	5
Figure 1.4	Projets miniers de mise en valeur et de développement (1-2 : apatite; 3 : diamant; 14 à 16 : lithium; 25 à 27 : MTR)	7
Figure 1.5	Sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts incluant le tracé de la limite nordique des forêts attribuables de 2002	14
Figure 1.6	Portrait actuel des aires protégées	15
Figure 2.1	Territoire à l'étude	19
Figure 2.2	Normales climatiques de la longueur de la saison de croissance en jours calculée pour un seuil de 5 °C et 0 °C pour la période de référence (1961-2000).....	23
Figure 2.3	Normales climatiques de la précipitation en mm/jour pendant la saison de croissance définie pour un seuil de 5 °C et 0 °C pour la période de référence (1961-2000)	23
Figure 2.4	Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec	24
Figure 2.5	Gradient de richesse spécifique, exprimé en nombre d'espèces, des oiseaux (A) et des mammifères (B)	28
Figure 3.1	Cheminement de l'intervention à l'intérieur d'une procédure d'évaluation des risques ..	43
Figure 3.2	Exemple de modèle conceptuel réalisé dans le cadre d'un projet minier	46
Figure 5.1	Modèle conceptuel de l'étude de cas	65
Tableau 1.1	Substance minérale exploitée ou faisant l'objet de projet minier au Québec	6
Tableau 2.1	Normales saisonnières du territoire nordique du Québec	21
Tableau 2.2	Caractéristiques générales des zones végétales et des domaines bioclimatiques	25
Tableau 2.3	Exemples d'espèces trouvées au nord du 49° parallèle, au Québec.....	27
Tableau 2.4	Exemple d'espèces d'oiseaux ayant une répartition s'étendant au nord du 49° parallèle..	30

Tableau 2.5	Espèces d’oiseaux à statut particulier ayant une répartition s’étendant au nord du 49 ^e parallèle	33
Tableau 2.6	Exemples d’espèces de mammifères ayant une répartition s’étendant au nord du 49 ^e parallèle	37
Tableau 2.7	Espèces de mammifères à statut particulier ayant une répartition s’étendant au nord du 49 ^e parallèle	38
Tableau 3.1	Voies d’exposition considérées pour des récepteurs	47
Tableau 4.1	Contaminants pour lesquels des valeurs de référence (validées et intérimaires) sont disponibles selon la classe de récepteur et les niveaux de sensibilité.....	54
Tableau 4.2	Diversité des régimes alimentaires des récepteurs recommandés par le CEAEQ et présents dans le Nord québécois	58
Tableau 5.1	Concentrations en métaux mesurées sur le site à l’étude.....	62
Tableau 5.2	Récepteurs retenus et leurs voies d'exposition.....	63
Tableau 5.3	Métaux retenus et concentrations dans les différents médias	67
Tableau 5.4	Paramètres nécessaires à l’estimation du risque	69
Tableau 5.5	Résultats de l’évaluation du risque sur les récepteurs à l’étude pour les substances retenues	71

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène et xylène
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CEAEQ	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
Comex	Comité d'examen des répercussions sur l'environnement et le milieu social
COSEPA	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
CQEK	Commission de la qualité de l'environnement Kativik
ÉRÉ	Évaluation du risque écotoxicologique
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
HP C ₁₀ -C ₅₀	Hydrocarbure pétrolier de chaîne entre 10 et 50 atomes de carbone
La Politique	Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés
LEP	Loi sur les espèces en péril
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
LSIC95%	Limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
MRC	Municipalité régionale de comté
MRN	Ministère des Ressources naturelles
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
MTR	Métaux des terres rares
PASCF	Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux
PÉRÉ	Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation des terrains contaminés

LEXIQUE

Agent stressueur	Agent potentiellement capable de provoquer un effet qui a une signification biologique ou écologique particulière (CEAEQ, 1998).
Contamination	État d'altération de la qualité de l'environnement provoqué soit par une substance étrangère émise ou propagée dans un système naturel, soit par la présence d'une substance à des concentrations non naturelles (CEAEQ, 1998).
Drainage minier acide	Écoulement d'eau acide contenant des métaux lourds dissous et résultant de l'oxydation naturelle des stériles, du minerai ou des résidus miniers exposés à l'air et à l'eau (Chevalier, 1996).
Écotoxicologie	Étude des polluants toxiques dans les écosystèmes (Ramade, 2016).
Évaluation du risque écotoxicologique	Approche d'évaluation écotoxicologique qui consiste à estimer les possibilités ou les probabilités d'occurrence de réponses néfastes chez des récepteurs en fonction de leur exposition à un agent stressueur (CEAEQ, 1998).
Exposition	Contact d'un récepteur avec un agent stressueur. Elle est caractérisée par sa durée, sa fréquence et sa intensité. (CEAEQ, 1998)
Gestion du risque	Ensemble des activités qui consistent à recenser les risques auxquels l'entité est exposée, puis à définir et à mettre en place les mesures préventives appropriées en vue de supprimer ou d'atténuer les conséquences d'un risque couru (Office québécois de la langue française, 2013a).
Méthode du quotient	Équation générale permettant d'estimer qualitativement l'absence de risque significatif en comparant une valeur d'exposition du récepteur à l'agent stressueur avec une valeur de référence correspondant au niveau de réponse tolérable pour ce dernier (CEAEQ, 1998).
Modèle conceptuel	Représentation du système environnemental à l'étude qui schématise les liens possibles entre le déplacement et la transformation de l'agent stressueur dans l'écosystème et les réponses attendues des récepteurs (CEAEQ, 1998).
Récepteur	Entité biologique ou écologique susceptible d'être affectée à la suite de l'exposition à un agent stressueur. Il peut s'agir d'individus, de populations, de communautés ou d'écosystèmes. (CEAEQ, 1998)
Risque écotoxicologique	Probabilités d'effets néfastes chez des récepteurs écologiques susceptibles d'être exposés à des contaminants (CEAEQ, 1998).
Risque estimé	Expression de la valeur du risque (CEAEQ, 1998).
Risque résiduel	Risque qui subsiste après l'application de mesures d'atténuation du risque. On distingue, en pratique, deux cas de risque résiduel : le risque résiduel prévisionnel qui tient compte de l'efficacité escomptée des mesures d'atténuation et le risque résiduel après la mise en œuvre effective des mesures d'atténuation. (Office québécois de la langue française, 2013b)
Valeur toxicologique de référence	Valeur définissant le niveau d'effets néfastes jugés acceptables (CEAEQ, 1998).

INTRODUCTION

Afin de se préparer à la réception de dossiers nécessitant une expertise sur les impacts sur les écosystèmes du Nord québécois, le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), plus particulièrement le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), a pris l'initiative d'adapter certains de ses outils, tels que l'évaluation du risque écotoxicologique (ÉRE), aux réalités de ces écosystèmes nordiques. Pour ce faire, une analyse de la procédure de l'ÉRE telle qu'appliquée dans les régions du sud du Québec sera réalisée pour pouvoir soulever les éléments de la méthodologie qui devront être adaptés aux particularités des environnements nordiques.

Cette initiative a été mise de l'avant puisque de nouvelles activités sont prévues dans le cadre du Plan Nord, risquant de générer des contaminations dans cet environnement particulier. C'est notamment le cas des projets d'exploitation minière de métaux des terres rares et d'uranium. Ces activités n'ayant jamais eu lieu sur le territoire de la province, les risques liés aux substances émises dans le milieu pourraient être difficilement estimés, étant donnée l'absence de critère de qualité réglementaire ou de valeur toxicologique de références. Des listes de récepteurs biologiques pouvant être utilisés dans le cadre d'une ÉRE sont disponibles sur le site internet du CEAEQ (CEAEQ, 2010a et 2010b). Malheureusement, la plupart de ces récepteurs n'ont pas une aire de répartition étendue au nord du 49^e parallèle et ne peuvent ainsi pas être utilisés comme indicateur de risque dans le nord. De plus, les écosystèmes nordiques tels que la forêt boréale et la toundra constituent des habitats pour les espèces fauniques et floristiques qui présentent de grandes différences avec les écosystèmes méridionaux (Poisson, 2011). Cette différence s'accroît plus on s'approche de la zone arctique. Il est ainsi plus difficile d'accomplir la procédure adéquatement pour des contaminations liées à des activités ayant lieu dans les régions du Nord québécois. Ces particularités devront être prises en considération lors des évaluations du risque écotoxicologique des projets situés dans cette partie du Québec.

Le but de cet essai est de répondre à cette problématique 1) en déterminant les substances à prendre en considération et pour lesquels des critères génériques ou des valeurs de références devraient être développés et 2) en identifiant des récepteurs adéquats pour ce territoire particulier ainsi que leurs caractéristiques précises nécessaires à l'estimation du risque écotoxicologique. L'effort sera mis sur la caractérisation des activités où les risques de contaminations sont les plus élevés ainsi que sur les récepteurs ayant une large répartition au nord du 49^e parallèle, jusqu'à la pointe nordique de la province.

Ces objectifs pourront rendre possible une application adaptée de l'ÉRE à ce territoire particulier. Cette adaptation permettra une utilisation plus judicieuse de cet outil par les intervenants face aux avancés des projets en voie de s'établir dans le cadre du Plan Nord.

Une recherche dans la littérature et sur plusieurs plateformes gouvernementales permettra de récolter des informations concernant le Nord québécois. Toutefois, ce type d'information étant assez restreint, la sollicitation de plusieurs experts de la flore et de la faune nordiques, de diverses universités, d'entreprises et d'organismes, permettra de les compléter. La participation à quelques formations concernant la gestion des sites contaminés et sur l'utilisation de l'ÉRE ainsi que des entrevues avec des experts du domaine public et privé pourront, pour leur part, permettre d'avoir une juste vision de cet outil complexe et d'apporter des recommandations réalistes et applicables. L'intégralité de cet essai sera ainsi basée sur de nombreuses sources crédibles, diversifiées et de grande qualité.

Cette recherche complète d'information permettra ensuite de faire une première description des activités prévues dans le cadre du développement économique du Nord québécois, en identifiant spécifiquement les nouvelles substances qui pourraient être émises. Un portrait du territoire du Plan Nord et de ses particularités telles que géographiques, climatiques et biologiques sera ensuite exposé. Ce deuxième chapitre permettra d'avoir une vue d'ensemble du territoire à l'étude. Suivra une présentation de l'outil d'évaluation du risque écotoxicologique et du cadre législatif qui permet son application. Finalement, une analyse de l'outil sera réalisée et des recommandations seront proposées pour permettre son application dans le Québec nordique. Pour clore l'essai et vérifier l'application des recommandations, une étude de cas sera présentée.

1 DÉVELOPPEMENT DU NORD QUÉBÉCOIS

Des organisations comme le Groupe de recherche sur les environnements nordiques BORÉAS, de l'Université du Québec à Rimouski, et le Centre d'étude nordique, de l'Université Laval, s'appliquent, depuis des dizaines d'années, à acquérir des connaissances sur les composantes du Nord québécois. Cette recherche d'information s'est toutefois faite plus pressante à la suite de l'annonce du projet Plan Nord par le gouvernement Charest en 2011 (Société du Plan Nord, 2014a). Les ministères du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) de l'époque ont ainsi entrepris d'augmenter ce niveau de connaissances « à des fins de décision, de conservation et d'utilisation durable de la biodiversité ainsi que de protection de l'environnement » (Poisson, 2011, p.33) pour le développement du Nord québécois. Toutes ces recherches ont permis d'en connaître davantage sur ces environnements particuliers et fragiles et permettront de déterminer les impacts du développement économique dans ces régions éloignées.

Comme tout autre projet de développement, les activités mises de l'avant dans le cadre du Plan Nord seront régies par les lois et règlements en vigueur au Québec. Les promoteurs qui mèneront ces projets devront entre autres porter une attention particulière à la contamination des sols, qui sera gérée par la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* publiée en 1998 par le ministère de l'Environnement et de la Faune et aujourd'hui appliquée par le MDDELCC. C'est à ce contexte légal que l'on doit l'approche de l'ÉRE, une procédure développée pour gérer les terrains contaminés, dans une optique de développement durable.

En 2011, le gouvernement Charest annonçait un plan pour développer le Nord québécois. Après la reprise de ce plan revisité par le gouvernement Marois, le gouvernement Couillard l'a relancé à la suite de son élection (Radio-Canada, 2014). Ce plan de grande envergure vise à stimuler le marché de l'emploi du Québec en développant économiquement les ressources nordiques, au nord du 49° parallèle. En effet, le Nord québécois est riche en ressources naturelles notamment forestières et minérales. Le Plan Nord vise également à mettre de l'avant les activités touristiques, en développant des parcs nationaux et des réserves naturelles. Ceci permettra par le fait même de protéger une partie du territoire et de préserver les richesses typiques du milieu. (Gouvernement du Québec, 2015)

À la suite d'une analyse des projets soumis à une évaluation environnementale de janvier 2010 à janvier 2016, 43,8 % des projets à la Baie-James et 16,9 % des projets au Nunavik sont miniers (figure 1.1 et figure 1.2). Les projets de routes et d'énergie dans ces deux régions sont souvent liés à des activités minières ou forestières. Au Nunavik, les projets de gestion des matières résiduelles (GMR), comme les lieux

d'enfouissement et de gestion de déchets des campements miniers, sont également développés en raison des activités minières. L'annexe 1 et l'annexe 2 détaillent les projets soumis à une évaluation environnementale et sociale. Les sections suivantes élaboreront sur les activités minières, forestières et de tourisme, activités visées par les objectifs du Plan Nord ainsi que les projets de routes nécessaires à l'exploitation des ressources nordiques. Elles présenteront également les impacts potentiels de ces activités sur le territoire nordique.

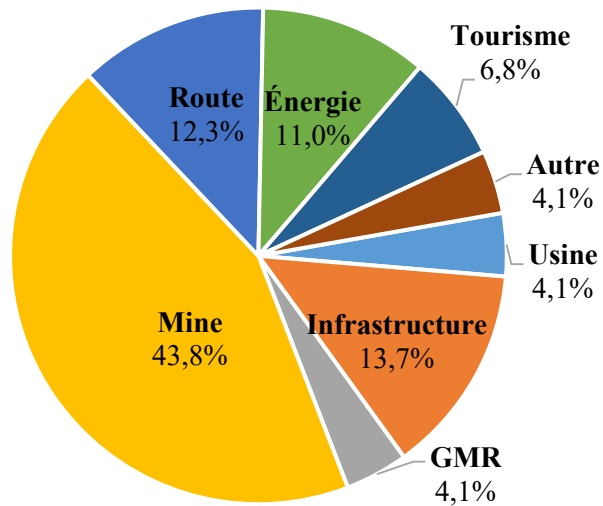


Figure 1.1 Projets soumis à une évaluation environnementale et sociale, région de la Baie-James (Comité d'examen des répercussions sur l'environnement et le milieu social [Comex], 2015 et MDDELCC, 2016a)

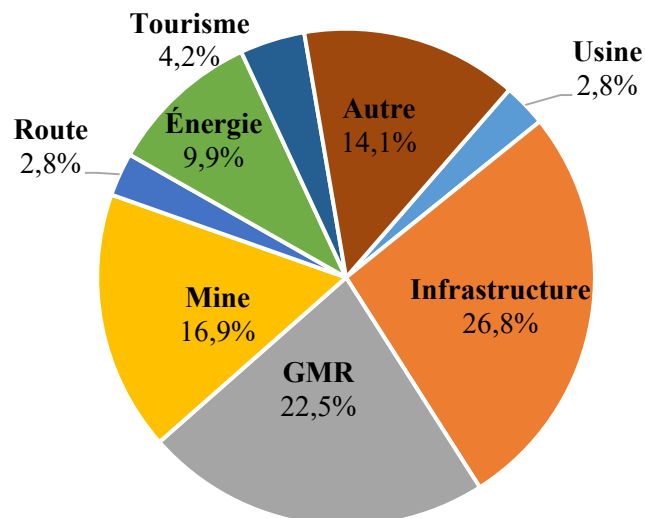


Figure 1.2 Projets soumis à une évaluation environnementale et sociale, région du Nunavik (Commission de la qualité de l'environnement Kativik [CQEK], 2016 et MDDELCC, 2016b)

1.1 Les activités minières

Le secteur minier du Québec est majoritairement développé dans les régions plus au nord, comme l'Abitibi-Témiscamingue, la Côte-Nord et le Nord-du-Québec (Investissement Québec, 2016). En 2014, ces trois régions se partageaient respectivement 0,8 G\$, 0,8 G\$ et 1,3 G\$, soit 95,9 % du total des investissements dans ce secteur au Québec (Institut de la statistique du Québec, 2015; figure 1.3).

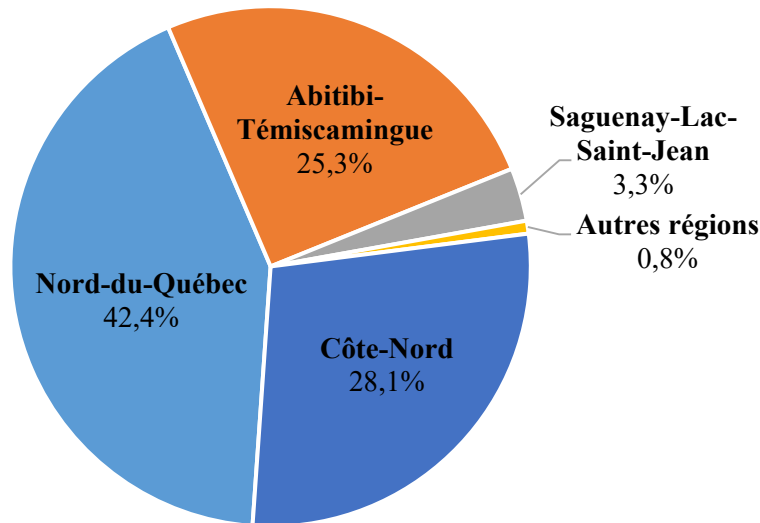


Figure 1.3 Répartition de l'investissement minier par région administrative au Québec, en 2014
(adapté de : Institut de la statistique du Québec, 2015)

Il est ainsi retrouvé, dans les régions nordiques du Québec, plusieurs types de substances minérales déjà exploitées. L'exploration se poursuit elle aussi comme le montre le tableau 1.1, qui comptabilise les substances en cours d'exploitation et faisant l'objet de projets miniers (d'exploration, d'expansion, d'implantation ou de mise en valeur) selon les régions administratives.

Les projets miniers concernant des substances minérales non encore exploitées au Québec sont également concentrés dans les trois régions administratives nordiques ainsi qu'au Saguenay-Lac-Saint-Jean (Ministère des Ressources naturelles [MRN], 2012). Ceci inclut les métaux des terres rares (MTR), le lithium, l'uranium, le diamant et le phosphate (tableau 1.1). La figure 1.4 localise les projets miniers, en date de 2012, par substance.

Bien que les prix des métaux sont en baisse et que les investissements miniers ont par le fait même diminué au cours des années 2013 à 2015 (Institut de la statistique du Québec, 2015), ce secteur d'activité n'est pas à oublier. En effet, l'industrie a vécu plusieurs fluctuations durant les dernières années et une augmentation

des prix des métaux est à prévoir dans le futur. Le cas échéant, de nouveaux projets miniers et une augmentation de l'exploration et de l'exploitation minières sont à entrevoir.

Tableau 1.1 Substance minérale exploitée ou faisant l'objet de projet minier au Québec (MRN, 2012 et Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles [MERN], 2015)

Substances minérales	Exploitée	Projet minier	Principale(s) région(s) productrice(s)
Fer	✓	✓	Côte-Nord
Or	✓	✓	Abitibi-Témiscamingue
Nickel, cobalt et éléments du groupe du platine	✓	✓	Nord-du-Québec
Cuivre (sous-produit des mines d'or, de nickel, de zinc)	✓	✓	Nord-du-Québec
Zinc	✓	✓	Nord-du-Québec, Abitibi-Témiscamingue
Niobium et tantale	✓	✓	Saguenay-Lac-Saint-Jean
Métaux des terres rares		✓	---
Lithium		✓	---
Uranium		✓	---
Diamant		✓	---
Graphite	✓	✓	Laurentides
Ilménite	✓		Côte-Nord
Phosphate (apatite)		✓	---
Ciment	✓		Capitale-Nationale, Lanaudière, Montérégie, Laurentides
Pierre	✓		Toutes
Sable et gravier	✓		Toutes
Silice	✓		Capitale-Nationale, Mauricie, Abitibi-Témiscamingue, Côte-Nord, Laurentides, Montérégie
Autres substances minérales¹			
Argent	✓		---
Antimoine	✓		---
Bismuth	✓		---
Cadmium	✓		---
Fer de fonte	✓		---
Plomb	✓		---
Sélénium	✓		---
Tellure	✓		---

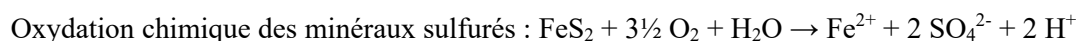
¹produites lors de l'affinage du zinc et du cuivre ou en sous-produits d'exploitation de mines d'or ou de métaux de base

Les impacts des activités minières incluent entre autres : le déboisement et le défrichement de terrains, la modification de la topographie, la dénudation des sols, la génération d'eaux usées et la modification de plan d'eau (Chaire de recherche et d'intervention en éco-conseil, 2013). Ce ne sont par contre que les effets à caractère écotoxicologique qui seront étudiés dans cette section et qui sont notamment issus des composés chimiques relâchés dans l'environnement.

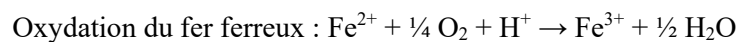
Ce sont généralement les stériles et les résidus miniers qui entraînent des rejets de contaminants dans l'environnement. Le lessivage des haldes de stériles, composés de métaux issus des chantiers miniers, peut entraîner un drainage acide qui peut ensuite avoir des répercussions importantes sur la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques. De plus, bien qu'un traitement soit exigé, les produits chimiques utilisés pour traiter les minerais d'origine métallique peuvent se retrouver dans les eaux usées des mines. (Environnement et Changement climatique Canada, 2015)

De nombreuses études d'impacts sur l'environnement associées aux activités minières ont été réalisées, notamment par l'*Environmental Protection Agency* (EPA) des États-Unis. Celle-ci a identifié l'impact le plus significatif de cette industrie comme étant la contamination des eaux de surface et souterraines. (EPA, 2012)

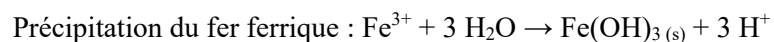
Le drainage minier acide est « un écoulement d'eau acide contenant des métaux lourds dissous et résultant de l'oxydation naturelle des stériles, du minerai ou des résidus miniers exposés à l'air et à l'eau » (Chevalier, 1996). Les eaux issues de ce type de drainage peuvent causer une contamination des eaux de surface environnantes, si elles ne sont pas gérées adéquatement. Le drainage minier acide survient en présence de minéraux sulfurés, par exemple la pyrite (FeS_2), qui s'oxyderont au contact de l'oxygène et de l'eau (les explications et équations qui suivent sont tirées de : Pelletier-Allard, 2014) :



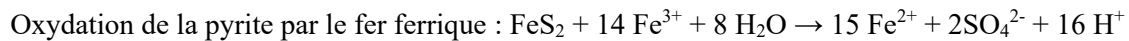
Des microorganismes acidophiles, notamment *Thiobacillus ferrooxidans*, peuvent ensuite catalyser l'oxydation du Fe^{2+} à bas pH, ce qui oxyde la majorité du fer ferreux (Fe^{2+}) en fer ferrique (Fe^{3+}) :



Entre un pH de 2,3 et de 3,5, le fer ferrique se précipite sous la forme d'hydroxyde ferrique :



Le fer ferrique qui ne précipitera pas oxydera alors davantage de pyrite sous un pH de 4,0 :



C'est cette dernière équation qui permet au drainage minier acide de continuer son cycle, perpétuellement (Pelletier-Allard, 2014). Dans un environnement aussi acide, les minéraux pourront se dissoudre et relâcher des contaminants comme des métaux lourds, d'où l'importance de prendre des mesures pour minimiser ce phénomène.

Les MTR regroupent les 15 métaux du groupe des lanthanides, ainsi que le scandium et l'yttrium, qui présentent des propriétés physicochimiques similaires à ce groupe. Ils sont utilisés entre autres dans les batteries rechargeables des voitures électriques, les éoliennes et les appareils électroniques comme les cellulaires et les téléviseurs. Aucune mine de terres rares n'est actuellement en exploitation au Canada, mais les explorations continuent, notamment dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavik. (MERN, 2009 et 2013)

Les MTR proviennent de l'altération des roches mères, naturellement présentes dans les écosystèmes, et souvent associées aux radionucléides. Les minéraux des roches contenant d'importantes quantités de ces métaux sont la bastnaésite [(Ce, La, Nd, Pr)F(CO₃)], la monazite [(Ce, La, Nd, Th)(PO₄)] et le xénotime [Y(PO₄)]. Ainsi, les principaux contaminants issus de cette activité sont : les radionucléides, les métaux (aluminium, arsenic, baryum, béryllium, cadmium, cuivre, plomb, manganèse, zinc), les fluorures, les sulfates et la matière organique, qui pourraient être relâchés autant dans les poussières que par l'effluent minier. Les niveaux de risques pour l'écosystème de ces contaminants vont dépendre de leur biodisponibilité dans les différentes composantes du milieu, ainsi que des concentrations auxquelles les organismes seront exposés. Des effets sur les organismes aquatiques, sur la faune terrestre et sur les plantes, associés aux MTR, ont cependant été identifiés dans plusieurs études. Les métaux en cause, ayant différents effets plus ou moins importants, incluent : le cérium, le dysprosium, l'erbium, l'euporium, le lanthane, le gadolinium, l'holmium, le lutécium, le néodyme, le praséodyme, le prométhium, le samarium, le scandium, le terbium, le thulium, l'ytterbium et l'yttrium. (CEAEQ, sous presse a et EPA, 2012)

Bien que le secteur minier traverse un creux économique, la demande en lithium, pour la fabrication de batteries rechargeable des véhicules électriques, mais aussi des appareils électroniques, est en croissance (Bussières, 2015, 4 septembre). Au Québec, l'entreprise Nemaska Lithium s'est vu octroyer le droit d'extraire du minerai de lithium sur le territoire de la Baie-James, près du village de Nemaska.   titre informatif, le minerai de son gisement de Whabouchi est une pegmatite   spodumène du groupe des pegmatites   métaux rares, composé principalement de spodumène, de quartz, de feldspath et de mica.

D'autres minerais tels que du grenat, du béryl, de l'apatite et de la pétalite, ainsi que de faibles occurrences de béryllium, y sont aussi trouvés. (Roche Ltée Groupe-conseil, 2014)

Il existe également le projet Québec Lithium à la Corne en Abitibi-Témiscamingue qui a fait l'objet d'un rapport d'étude approfondie sur l'exploitation minière de carbonate de lithium (Génivar, 2013). Les résidus miniers y sont identifiés comme étant la principale source potentielle de contamination des eaux de surface, et les eaux de traitement du minerai comme étant une source potentielle de contamination des eaux de surface et des eaux souterraines. L'EPA (1998), de son côté, précise que l'acide sulfurique est utilisé à plusieurs étapes du raffinage du spodumène en carbonate de lithium, tout comme du calcaire, de la chaux et du carbonate de sodium pour finaliser le processus. L'agence américaine n'a toutefois pas pu recueillir de l'information sur la caractérisation et la gestion des effluents.

Les contaminants préoccupants dans un dossier minier donné dépendent du type de minerai, du procédé et des additifs utilisés. Les mines d'uranium génèrent des impacts associés aux résidus miniers, semblables aux autres types de mines. Les radionucléides qui en sont issus émettent des rayonnements ionisants qui peuvent ensuite entraîner un effet radiotoxique pour les organismes. Par exemple, une exposition peut entraîner des effets au niveau moléculaire comme une modification des molécules d'ADN au niveau de leur structure, ou encore des effets au niveau de la fécondité, du comportement et de la morbidité. Tout dépendamment du type de rayonnement émit par les radionucléides et de l'exposition, ils peuvent aussi éventuellement entraîner la mort. (CEAEQ, 2015)

Le drainage minier acide entraîne par contre les impacts les plus importants des mines en opération, peu importe la substance exploitée. Le contenu du drainage minier acide dépend de la formation du gisement. Dans le cas des mines d'uranium, on retrouve couramment dans cette solution acide, en plus de l'uranium et de ses descendants (thorium, proactinium, radium, radon, polonium, plomb et bismuth; Aubert, 2009), du sélénium, de l'arsenic, du vanadium, du nickel, du cuivre, du molybdène et de l'aluminium. Les impacts de ces rejets sont semblables à ceux habituellement associés aux stériles miniers. Par contre, ils peuvent contenir une plus forte concentration en métaux et en radionucléides ce qui peut accentuer leurs effets toxiques. Ces contaminants, lors de leur lessivage, peuvent affecter les écosystèmes terrestres et aquatiques, affectant la qualité des eaux souterraines et de surface, ainsi que la qualité des sols. (Murray, 2014)

L'extraction du diamant de la kimberlite a fait du Canada l'un des plus grands producteurs de ce minéral précieux. Il ne semble pas y avoir de particularité avec cette industrie minière ce qui indique qu'elle peut être gérée comme tout autre type de mine. Cet aspect laisse ainsi présager que la province est déjà en mesure

de gérer le risque relié à l'exploitation de cette ressource. (Greig, 2011, 25 février et Stornoway Diamonds, 2013)

Le traitement du minerai d'apatite, utilisé comme engrais riche en potassium, est principalement physique (concassage, broyage, séparation magnétique, etc.). Des réactifs sont tout de même utilisés lors du procédé de flottation, dans le but d'épaissir le concentré. Les réactifs comprennent des acides gras, du silicate de sodium et de l'hydroxyde de sodium. Un flocculant est également utilisé lors du processus de décantation des solides. De grandes quantités d'eau sont utilisées à différentes étapes du traitement du minerai, ce qui les transforme en eaux usées qui peuvent affecter la qualité de l'eau de surface à l'effluent et ses principaux tributaires. En plus de ces risques, il faut tenir compte du lessivage des haldes de résidus miniers. (WSP, 2015)

Certains métaux comme l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le manganèse et le plomb sont régis par le *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* (annexe 3). L'aluminium, le béryllium, l'uranium et ses descendants, les MTR, le fer, le lithium, le phosphate, les silicates, les sulfates et le vanadium, ne figurent pas dans la liste des substances ayant un critère générique (annexe 3). Certains radionucléides, comme le césium, n'y figurent pas non plus.

1.2 La foresterie

Le secteur forestier au Québec se concentre au sud du 51^e parallèle. C'est la limite nordique des forêts attribuables, correspondant à la limite Nord de l'exploitation de cette ressource. En d'autres mots, il s'agit de « la portion septentrionale des forêts québécoises jusqu'où il est possible de pratiquer un aménagement durable des forêts » (MRN, 2013, p. 11). Cet aménagement durable repose sur les critères biophysiques suivants : le milieu physique, la productivité forestière, les perturbations naturelles par le feu et la biodiversité (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs [MFFP], 2016a). Le Plan Nord prévoit l'augmentation des activités forestières et ce, au-delà de la limite nordique des forêts attribuables (ÉcoRessources, 2014). La mise sur pied d'un comité scientifique responsable de réévaluer cette limite a permis d'acquérir des informations sur les écosystèmes se situant entre le 51^e et le 53^e parallèle sur les territoires de la pessière à mousses et dans la partie sud du territoire de la pessière à lichens (MRN, 2013). L'étude réalisée a permis d'identifier certains districts dans lesquels un aménagement durable des forêts serait possible, mais aussi des régions à exclure de la limite nordique des forêts attribuables puisqu'elles ont été identifiées comme très sensibles.

La figure 1.5 présente la sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts. La limite nordique établie en 2002, et toujours en vigueur, y figure également. On peut y voir que la partie étudiée entre les longitudes 65° à 79° ouest ne pourrait pas faire l'objet d'aménagement durable des forêts, contrairement à la partie située entre les longitudes 57° à 65° ouest, où plusieurs territoires ont été identifiés positivement. Les districts qui seraient à retirer de la limite nordique, en raison de leur trop forte sensibilité, sont également visibles. Un nouveau territoire dans les limites du Plan Nord, jusque-là non perturbé par les activités forestières, pourrait ainsi leur être ouvert.

Les impacts de cette industrie sont principalement physiques : destruction d'habitat, fragmentation du territoire et modification du ruissellement des cours d'eau. Des effets sont toutefois observés au niveau des propriétés physicochimiques de l'eau. En effet, l'exploitation forestière peut accroître la concentration des matières en suspension et la température des plans d'eau qui se trouvent à proximité et en aval. Il peut également y avoir une modification des débits plus ou moins accentuée selon le climat, la géologie, la topographie, le couvert végétal et les sols du territoire exploité. Une accentuation du débit pourrait augmenter l'apport en sédiments et en matière en suspension, ce qui peut avoir un effet néfaste sur certaines espèces de poissons et d'organismes aquatiques. (Environnement Canada, 2008)

Une perte du couvert forestier peut également affecter les cycles biogéochimiques d'un écosystème à la suite de la modification des puits et des sources d'éléments chimiques, de l'élévation de la température et de l'humidité du sol, de la modification de sa structure et une augmentation du lessivage d'éléments du sol comme l'azote, le phosphore, le carbone organique dissous et certains ions (calcium, potassium, sulfate). Ces perturbations peuvent être diminuées si les mesures de protection, comme l'aménagement de zones tampons riveraines, sont respectées et correctement appliquées. (Environnement Canada, 2008)

Des études réalisées près du réservoir Gouin au Québec et dans des plaines boréales de l'Alberta ont montré qu'à la suite d'une exploitation forestière, il peut y avoir une augmentation des substances dissoutes dans les lacs et qu'un déboisement durant l'hiver y provoquerait une hausse des concentrations de phosphore (Carignan, D'Arcy et Lamontagne, 2000 et Prepas et al., 2001). Les connaissances sur les effets des activités forestières sur les cycles géochimiques sont toutefois encore limitées pour permettre une prévision de ces effets sur les écosystèmes aquatiques (Environnement Canada, 2008).

Ces modifications importantes de l'environnement peuvent provoquer des impacts sur la faune. Il a ainsi été observé une augmentation des concentrations en mercure chez des grands brochets (*Esox lucius*) prélevés dans des bassins hydrographiques dans lesquels des coupes avaient été réalisées. En effet, selon Garcia et Carignan (2000), une « coupe forestière extensive peut perturber le cycle naturel du mercure des bassins

versants et augmenter l'accumulation de ce métal dans le biote aquatique. » Des concentrations élevées de méthylmercure chez le zooplancton, faisant partie de la diète des proies du grand brochet, étaient corrélées avec les quantités de mercure trouvées chez ce dernier. Celles-ci étaient également liées aux concentrations de carbone organique dissous et de sulfate, ainsi qu'au pH mesuré dans les lacs étudiés. (Garcia et Carignan, 2000)

Ces trois facteurs ont été reconnus dans le *mercury cycling model* de Hudson et al. (1994) comme affectant directement les niveaux de mercure dans les poissons soit en influençant le transfert du mercure dans les lacs ou le taux de méthylation microbiologique. Dans l'étude de Garcia et Carignan (2000), les concentrations de mercure mesurées dans le grand brochet étaient supérieures à la limite établie pour la consommation humaine, ce qui montre l'importance de faire un suivi de ces concentrations dans les zones d'exploitation forestière.

1.3 Le tourisme et les réserves fauniques

Une des grandes orientations du Plan Nord est de « protéger l'environnement et préserver la biodiversité distinctive du Nord québécois », par la mise en place de mécanisme permettant de consacrer « 50 % du territoire du Plan Nord à des fins autres qu'industrielles, à la protection de l'environnement et à la sauvegarde de la biodiversité. » (Gouvernement du Québec, 2015, p. 13)

Plusieurs projets de développement d'aire protégée comme les parcs nationaux Assinica et Kuururjuaq, le parc régional Obalski et la création de réserves de biodiversité et aquatique sont ainsi en cours (MDDELCC, 2016a et 2016b). La figure 1.6 présente le portrait actuel des aires protégées (en date de mars 2015). En comparant la figure 1.4 et la figure 1.6, on peut voir que certains projets miniers sont en cours à proximité d'aire protégée, comme le projet d'apatite à Sept-Îles.

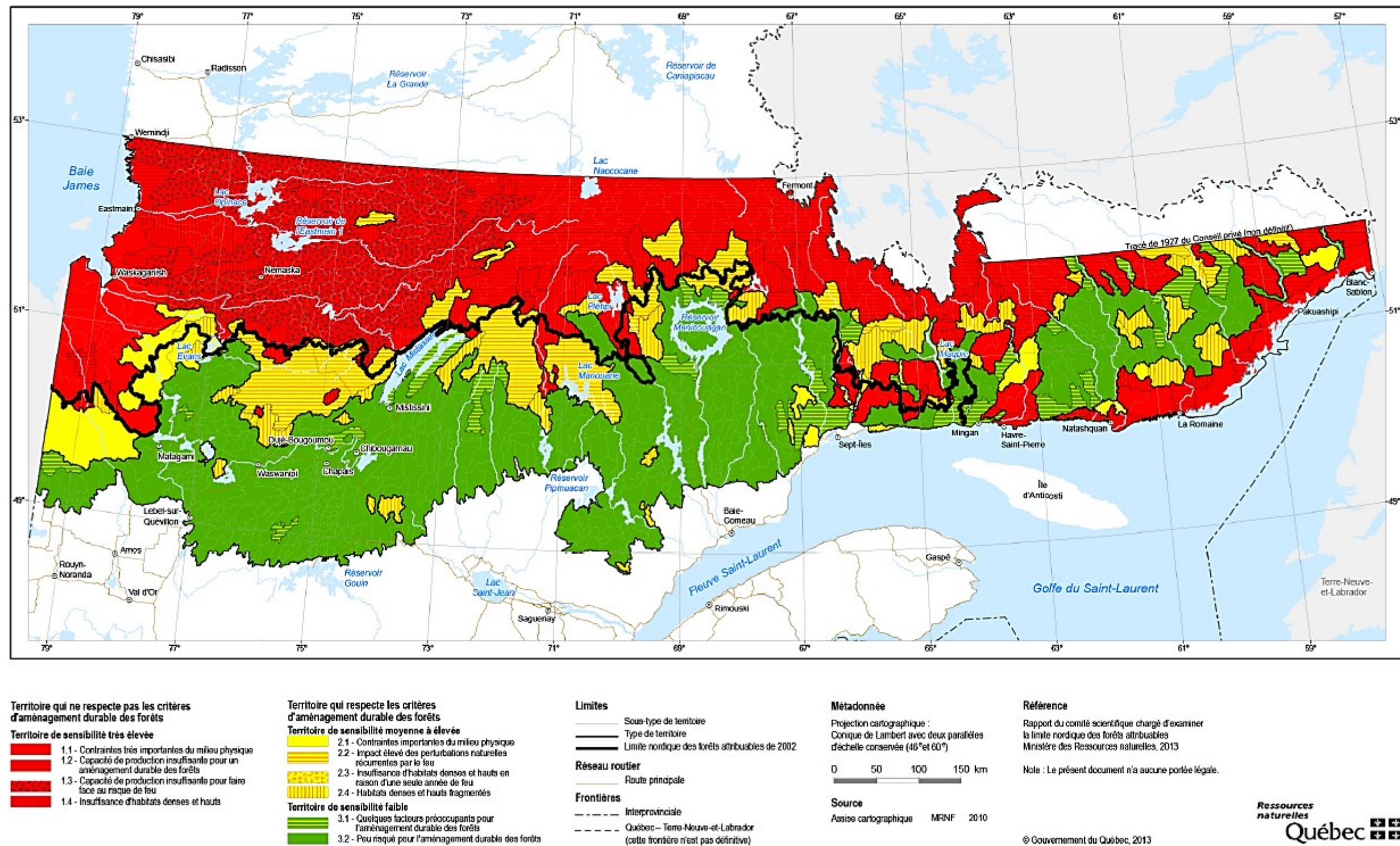


Figure 1.5 Sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts incluant le tracé de la limite nordique des forêts attribuables de 2002 (tiré de : MRN, 2013, p. 137)

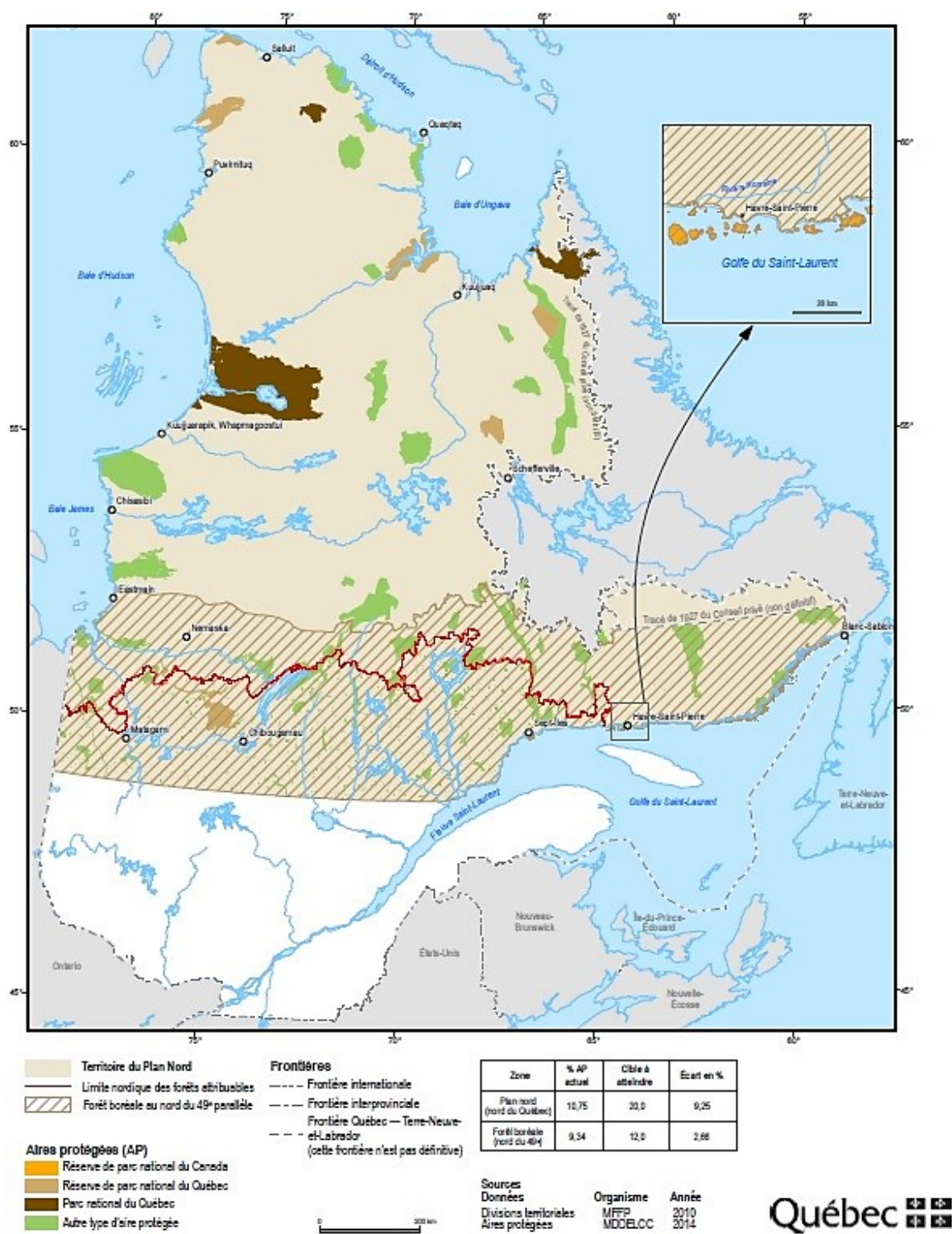


Figure 1.6 Portrait actuel des aires protégées (tiré de : Société du Plan Nord, 2014b)

1.4 Le transport lié aux activités

Les régions nordiques du Québec sont actuellement isolées entre elles, mais également par rapport aux régions du sud du Québec. En effet, il n'existe pas ou peu de route praticable pour la majorité des véhicules reliant les différentes communautés ou secteurs d'activités (Route de la Baie James, s. d.). Pour faciliter l'accès au territoire à développer, un plan global et intégré des modes de transport sur le territoire sera élaboré par la Société du Plan Nord, en collaboration avec le ministère des Transports du Québec (Forum des ministres responsables du développement du Nord, s. d.). Avec une augmentation des taux d'activités dans les régions nordiques, les infrastructures servant, entre autres, au transport des matières premières, devront être efficaces. Une augmentation du trafic routier risque par contre d'entraîner une hausse des accidents de la route pouvant entraîner un déversement d'hydrocarbure pétrolier (HP C₁₀-C₅₀) et des matières premières transportées (produits miniers et forestiers).

Ce plan visera la rénovation des infrastructures de transport actuelles et la mise en place de nouvelles installations nécessaires au développement des activités économiques. Des ports, des chemins de fer, des aéroports et des routes permettront ainsi l'ouverture du territoire vers les marchés extérieurs. (Gouvernement du Québec, 2015)

Comme présenté à la figure 1.1, 12,3 % des projets soumis à une évaluation environnementale dans la région de la Baie-James sont des projets routiers. Les deux tiers de ces projets sont en cours pour répondre à l'industrie minière ou forestière. L'autre tiers concerne le réaménagement, le prolongement ou la réfection d'une route. Au Nunavik, les projets routiers en cours concernent une modification d'un tracé et l'implantation d'une route. Cette augmentation du trafic routier pourrait entraîner une amplification des risques de déversement de matières premières transportées, mais également d'hydrocarbures pétroliers. (Comex, 2015 et MDDELCC, 2016a)

Les HP C₁₀-C₅₀ susceptibles d'être relâchés dans l'environnement sont en général un mélange de milliers de composés à des proportions variées. Plusieurs impacts sont associés à ces contaminants reconnus comme étant toxiques, mobiles et persistants :

« des risques de feu et d'explosion, un certain degré de toxicité pour la santé humaine et l'environnement, le transport des [HP C₁₀-C₅₀] légers dans les nappes d'eau souterraine ou dans l'air, la persistance des [HP C₁₀-C₅₀] plus gros et à chaîne ramifiée dans l'environnement, des problèmes d'ordre esthétique comme une odeur, un goût ou une apparence désagréables ainsi qu'une dégradation de la qualité du sol qui perturbe la rétention et la transmission de l'eau ou l'apport d'éléments nutritifs aux plantes. » (Conseil canadien des ministres de l'environnement [CCME], 2014)

Les HP C₁₀-C₅₀ peuvent être constitués de composés aromatiques, comme les composés aromatiques monocycliques qui sont les plus petits et les plus volatils, soient le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et le xylène (BTEX). Les BTEX peuvent avoir des effets d'ordre génotoxique et cancérigène. Ils peuvent également avoir des effets délétères sur la reproduction. (Negraia, 2010)

Les composés aromatiques polycycliques (HAP), quant à eux, peuvent constituer entre 0 et 60 % d'un HP C₁₀-C₅₀ (Roussy Barsauskas, 2014). Selon des tests réalisés en laboratoire, les HAP peuvent causer la mort d'organismes à la suite d'une exposition à court ou à long terme ainsi que d'autres effets néfastes (tératogènes, génotoxiques, clastogènes, etc.) comme des déformations chez des embryons de poissons. Dans l'environnement, une diminution de la diversité et de l'abondance des organismes benthiques a été observée dans des écosystèmes aquatiques où les sédiments étaient contaminés par des HAP. Chez les poissons, les concentrations en HAP variaient selon celles mesurées dans les sédiments, ce qui était également corrélé avec leur taux de tumeurs. (Environnement Canada et Santé Canada, 1994)

Les effets nocifs de ces composés étant connus et ayant été observés entre autres au Québec, des critères génériques pour les sols (annexe 3) et les eaux souterraines ont été établis dans le *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*. Il faut toutefois noter que, bien qu'il existe un critère commun pour les HP C₁₀-C₅₀, il n'en existe pas pour chacune des fractions ou composantes. En effet, le comportement d'un HP, soit sa façon de se disperser dans l'environnement, variera grandement selon le nombre de carbones qu'il contient. Il faut ainsi habituellement excaver toute contamination par des HP pour éviter tout risque puisqu'une ÉRÉ sur ces substances n'est pas permise légalement. Par contre, dans des territoires sensibles ou éloignés comme le Nord québécois, où il n'y a qu'une mince couche de sol s'y étant accumulé depuis la dernière glaciation, retiré tous les sols auraient des conséquences importantes sur la biodiversité en plus d'être un défi technique en l'absence de route. (CEAEQ, sous presse b)

2 PARTICULARITÉS ENVIRONNEMENTALES DU NORD QUÉBÉCOIS

Avant d'entreprendre toutes activités sur un territoire, il faut d'abord en connaître les composantes physiques et biologiques. Ceci permettra de réaliser un portrait le plus juste possible du milieu nordique susceptible d'être affecté par les projets de développement et de comprendre dans quel contexte ceux-ci s'inscriront (MDDEFP, 2014). En effet, les écosystèmes nordiques tels que la forêt boréale et la toundra constituent des habitats pour les espèces fauniques et floristiques qui présentent de grandes différences avec les écosystèmes du sud (Poisson, 2011). Cette différence s'accroît plus on s'approche de la zone arctique.

Tel que présenté dans le chapitre précédent, certaines activités, qui auront possiblement lieu sur ce territoire, émettront des contaminants qui n'ont pas de critère de gestion établi, en raison de l'émergence de leur exploitation au Québec. Une compréhension des éléments biologiques et physiques de ce territoire particulier permettra de cibler adéquatement les impacts possibles des activités qui y seront développées.

2.1 La géographie

Le territoire nordique du Québec peut se définir de plusieurs façons. Dans le cadre de cet essai, le Nord québécois est défini comme le territoire au nord du 49° parallèle, à l'intérieur des frontières terrestres de la province. Il comprend une partie de la région administrative du Saguenay-Lac-Saint-Jean, la grande majorité de la Côte-Nord ainsi que la totalité du Nord-du-Québec (Géoinfo, s. d.). La figure 2.1 cartographie ces régions à l'intérieur des limites à l'étude.

La partie du Saguenay-Lac-Saint-Jean qui se trouve à l'intérieur du territoire à l'étude s'étend de la ville de Saint-Stanislas jusqu'à la pointe nord de la région (figure 2.1). Le développement économique y est axé sur l'exploitation et la transformation des ressources naturelles, principalement l'exploitation forestière et la transformation des produits du bois, la première transformation des métaux, comme l'aluminium, et l'hydroélectricité (Portail Québec, 2015a).

La presque totalité du territoire de la Côte-Nord se trouve au nord du 49° parallèle, à l'exception de la moitié sud de la municipalité régionale de comté (MRC) de la Haute-Côte-Nord et de l'île d'Anticosti (figure 2.1). C'est la deuxième plus grande région au Québec et la moitié de sa population est concentrée dans les villes de Baie-Comeau et de Sept-Îles. L'économie de la région repose sur l'exploitation et la transformation des ressources naturelles, comme les mines de fer et les alumineries, pour lesquelles elle est reconnue mondialement. C'est dans ce secteur, dans celui de l'hydroélectricité et dans celui de la construction qu'une grande part des emplois de la région est offerte. (Portail Québec, 2015b)



Figure 2.1 Territoire à l'étude (tiré de : Société du Plan Nord, 2014c)

Le Nord-du-Québec couvre plus de la moitié de la province en superficie et s'étend du 49° jusqu'au 63° parallèle, soit l'extrême limite nordique de la province (figure 2.1). Bien qu'elle soit la plus grande région du Québec, elle est la moins peuplée. Du 49° au 55° parallèle, ce sont l'Administration régionale Baie-James, le Gouvernement de la nation crie et le Gouvernement régional d'Eeyou Istchee Baie-James qui gèrent ensemble cette partie du territoire, composée des régions de la Baie-James et d'Eeyou Istchee. Au nord du 55° parallèle, c'est l'Administration régionale Kativik qui s'occupe de la gestion de la région la plus nordique du Québec, le Nunavik. Les activités économiques du Nord-du-Québec se concentrent dans le secteur énergétique, notamment l'hydroélectricité et plus récemment l'énergie éolienne, ainsi que dans les secteurs minier et forestier. (Portail Québec, 2015c)

Plusieurs communautés autochtones, dont la liste est présentée à l'annexe 4, occupent une partie du territoire à l'étude, principalement à ses marges et près de la limite sud (Société du Plan Nord, 2014d). La majorité d'entre elles sont localisées dans la région du Nord-du-Québec, au Nunavik.

2.2 Le climat

Le climat est l'« ensemble des conditions atmosphériques propres à une région du globe, caractérisé par les états habituels du temps et leurs fluctuations » (Thesaurus, 2016a). Les conditions climatiques d'un milieu auront une influence sur la végétation observée, donc sur la faune qui y résidera (Berteaux et al., 2014).

Le tableau 2.1 comptabilise les températures moyennes, les précipitations et l'ensoleillement mesurés dans le Nord-du-Québec et la Côte-Nord. Les données consultées comportaient des résultats pour le sud de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, mais aucune au nord du 49° parallèle.

Un gradient de température et de précipitation peut être observé du sud au nord du territoire étudié. Plus on s'éloigne du 49° parallèle, plus les températures et les précipitations diminuent. Dans le Nord-du-Québec, les températures peuvent varier jusqu'à 30 °C de différence saisonnière hiver-été alors qu'à la Côte-Nord, la variation est plutôt autour de 25 °C. Les précipitations sont quant à elles accentuées en été, avec une plus grande variation saisonnière dans la région du Nord-du-Québec. L'ensoleillement est pour sa part maximal en été et des différences de plus de 200 heures peuvent être observées entre les villes.

La température, les précipitations et l'ensoleillement sont autant de paramètres climatiques qui façonnent le territoire québécois. L'équilibre entre le climat et la végétation distinguera les domaines bioclimatiques, soient les territoires caractérisés par la nature de la végétation (Thesaurus, 2016b). En effet, la croissance des plantes est généralement limitée par des températures inférieures à 0 °C, bien que certaines espèces soient plus facilement résilientes (Ouranos, 2012).

Tableau 2.1 Normales saisonnières du territoire nordique du Québec (Climat-Québec, 2016)

RÉGION	VILLE/VILLAGE	SAISON			
		Hiver	Printemps	Été	Automne
Température moyenne (°C)					
Nord-du-Québec	Inukjuak	-23,2	-11,6	7,7	-0,9
	Kuujjuaq	-22,4	-9,0	9,8	-1,2
	Kuujjuarapik	-20,9	-7,8	9,7	1,5
	Schefferville	-22,4	-7,4	10,7	-2,0
	La Grande Rivière	-20,6	-5,0	12,4	0,8
	Chapais	-16,8	-0,7	15,1	2,3
	Joutel	-16,7	-0,7	15,2	2,5
Côte-Nord	Bonnard	-18,8	-2,7	13,4	0,9
	Tête-à-la-Baleine	-12,3	-1,1	12,5	4,1
	Natashquan	-12,0	-0,7	13,0	3,9
	Rivière-au-Tonnerre	-12,2	-0,1	13,1	3,7
	Baie-John-Beetz	-12,1	-0,2	13,4	4,0
	Sept-Îles	-13,4	-0,4	13,7	3,2
	Baie-Comeau	-12,4	0,3	14,2	3,9
Cumul des précipitations totales (mm)					
Nord-du-Québec	Inukjuak	56,3	65,1	159,3	179,2
	Kuujjuaq	97,6	87,5	181,1	160,6
	Kuujjuarapik	90,6	79,2	230,8	247,9
	Schefferville	142,6	166,7	265,4	248,2
	La Grande Rivière	93,6	101,1	229,5	259,7
	Chapais	159,7	182,4	321,9	297,4
	Joutel	139,9	178,3	309,5	264,5
Côte-Nord	Bonnard	159,2	182,4	333,5	271,2
	Tête-à-la-Baleine	233,5	249,3	335,4	375,1
	Natashquan	268,3	265,5	281,1	314,8
	Rivière-au-Tonnerre	200,5	251,5	298,1	330,2
	Baie-John-Beetz	186,1	208,1	296,0	299,3
	Sept-Îles	262,7	285,6	290,2	317,5
	Baie-Comeau	238,9	248,8	254,7	271,9
Cumul des heures d'ensoleillement (h)					
Nord-du-Québec	Inukjuak	221,2	525,1	607,1	180,1
	Kuujjuaq	214,6	487,0	546,8	190,4
	Kuujjuarapik	232,2	505,2	559,5	180,7
	Schefferville	254,8	516,8	541,2	201,0
	La Grande Rivière	221,6	590,1	687,2	209,1
	Chapais	n/d	n/d	n/d	n/d
	Joutel	n/d	n/d	n/d	n/d
Côte-Nord	Bonnard	n/d	n/d	n/d	n/d
	Tête-à-la-Baleine	n/d	n/d	n/d	n/d
	Natashquan	317,2	523,8	684,2	388,2
	Rivière-au-Tonnerre	n/d	480,6	626,1	373,6
	Baie-John-Beetz	n/d	n/d	n/d	n/d
	Sept-Îles	n/d	n/d	n/d	n/d
	Baie-Comeau	336,8	554,6	703,3	375,5

La saison de croissance commence le premier jour où la température moyenne atteint la température seuil établie durant 5 jours consécutifs. Elle se termine le dernier jour, parmi 5 jours consécutifs, où la température moyenne est supérieure à la température seuil. La longueur de la saison de croissance dépend ainsi du seuil, qui lui-même est variable pour chacune des espèces végétales. (Ouranos, 2012)

La figure 2.2 illustre deux saisons de croissance (Ouranos, 2012) :

- la première à un seuil de 5 °C, représentatif des écosystèmes forestiers;
- la deuxième à un seuil de 0 °C, plus pertinent pour la toundra arbustive.

On peut y observer que plus les latitudes sont élevées, plus les saisons de croissance sont raccourcies. Selon la température seuil choisie, on peut remarquer qu'il y a des zones où la végétation est fortement limitée par la longueur de la saison de croissance. Par exemple, la péninsule d'Ungava (du 57° au 63° parallèle) semble plus propice à une végétation de toundra arbustive, donc qui croît à partir du moment où les températures atteignent 0 °C. À cet endroit, la saison de croissance varie entre 80 et 120 jours pour un seuil de 0 et 5 °C respectivement. La bande la plus nordique de cette région, ainsi que la région de la cordillère Arctique (du 57° au 60° parallèle, à hauteur du 295° méridien), sont bleu foncé, ce qui nous indique que les saisons s'y situent plutôt entre 40 et 80 jours de croissance.

Au sud de ce secteur, entre le 53° et le 57° parallèle, les saisons de croissance sont rallongées. On se trouve dans un domaine bioclimatique différent, plus représentatif des écosystèmes forestiers. Entre le 49° et le 53° parallèle, la longueur des saisons continue de croître, ce qui nous indique une végétation plus fournie et diversifiée, puisque plus d'espèces végétales pourront s'adapter à ces saisons de croissance plus longues.

La figure 2.3 présente les précipitations totales moyennes durant les saisons de croissance à 0 et à 5 °C. On observe très peu de précipitation dans la région de la péninsule d'Ungava (environ 2,5 mm/jour pour les 2 saisons de croissance). Ce résultat correspond à ce qui est présenté au tableau 2.1, soit que les précipitations sont moins abondantes lorsqu'on se dirige vers le nord de la province.

La figure 2.2 et la figure 2.3 montrent ainsi que la péninsule d'Ungava, la cordillère Arctique et le territoire entre le 49° et le 57° parallèle se distinguent du Québec méridional. Ces deux figures nous permettent également de comprendre que les régions du territoire nordique diffèrent au niveau des températures et des précipitations, ce qui aura un impact direct sur la croissance des plantes, mais aussi sur leur diversité puisque seulement quelques espèces pourront vivre dans des conditions aussi extrêmes.

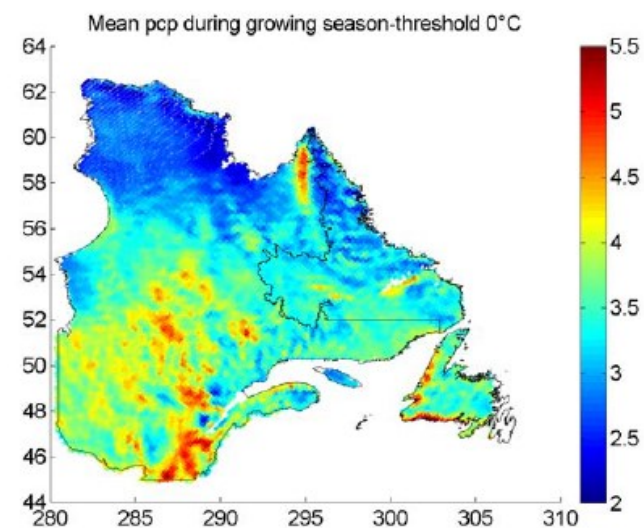
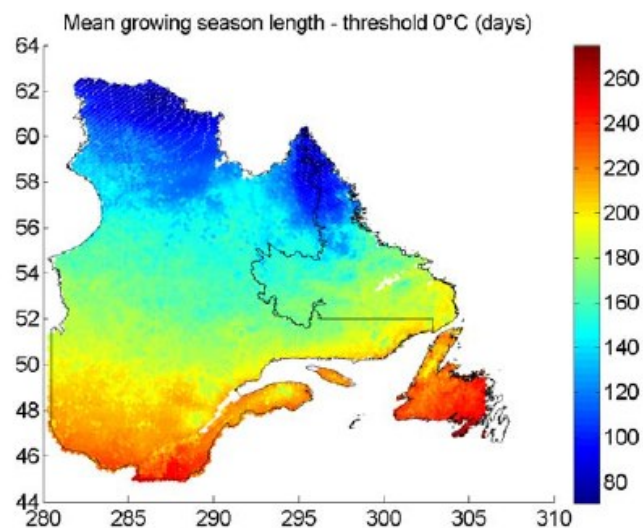
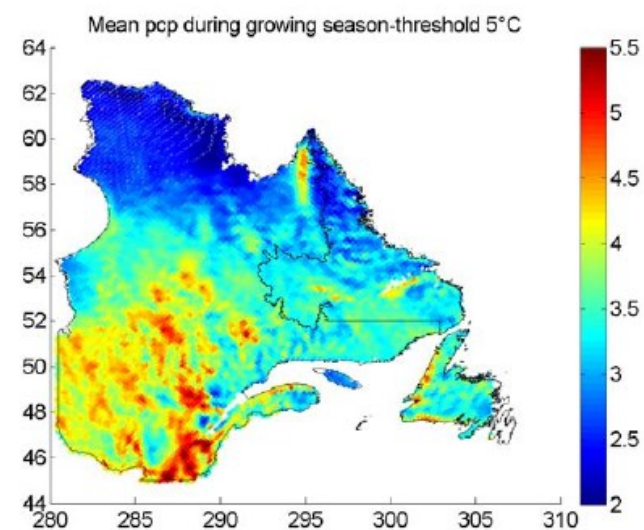
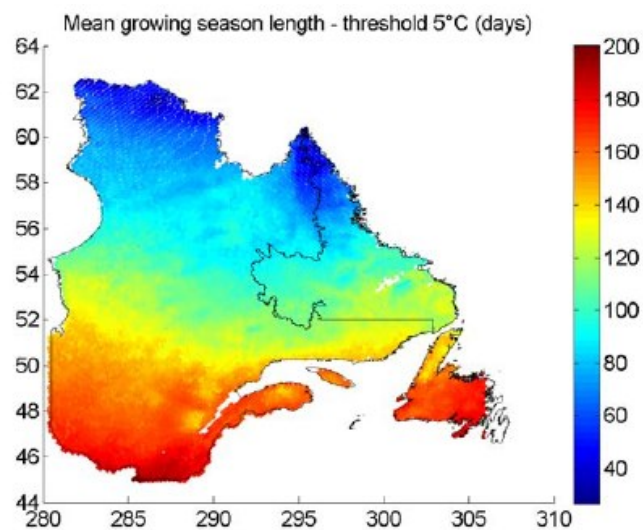


Figure 2.2 Normales climatiques de la longueur de la saison de croissance en jours calculée pour un seuil de 5 °C et 0 °C pour la période de référence (1961-2000) (tiré de : Ouranos, 2012, p.72)

Figure 2.3 Normales climatiques de la précipitation en mm/jour pendant la saison de croissance définie pour un seuil de 5 °C et 0 °C pour la période de référence (1961-2000) (tiré de : Ouranos, 2012, p.75)

2.3 La flore

Le Québec est divisé en trois zones de végétation : les zones tempérée nordique, boréale et arctique, qui sont elles-mêmes divisées en sous-zones. La figure 2.4 présente ces zones et sous-zones de végétation ainsi que les dix domaines bioclimatiques sculptant le paysage québécois. D'entre eux, six se trouvent dans les limites étudiées, soient dans les zones boréale et arctique (MFFP, 2016a) :

- La toundra arctique herbacée (Nunavik – péninsule d'Ungava);
- La toundra arctique arbustive (Nunavik – péninsule d'Ungava et cordillère Arctique);
- La toundra forestière (Nunavik);
- La pessière à lichens (Baie-James, Côte-Nord et Nunavik);
- La pessière à mousses (Baie-James, Côte-Nord, Saguenay-Lac-Saint-Jean);
- La sapinière à bouleau blanc (Côte-Nord, Saguenay-Lac-Saint-Jean).

En comparant la figure 2.2, la figure 2.3 et la figure 2.4, on peut voir que le climat aride et froid de la péninsule d'Ungava et de la cordillère Arctique a été déterminant pour le type d'espèces végétales que l'on y retrouve. Le tableau 2.2 liste les caractéristiques des zones végétales et des domaines bioclimatiques au nord du 49° parallèle.

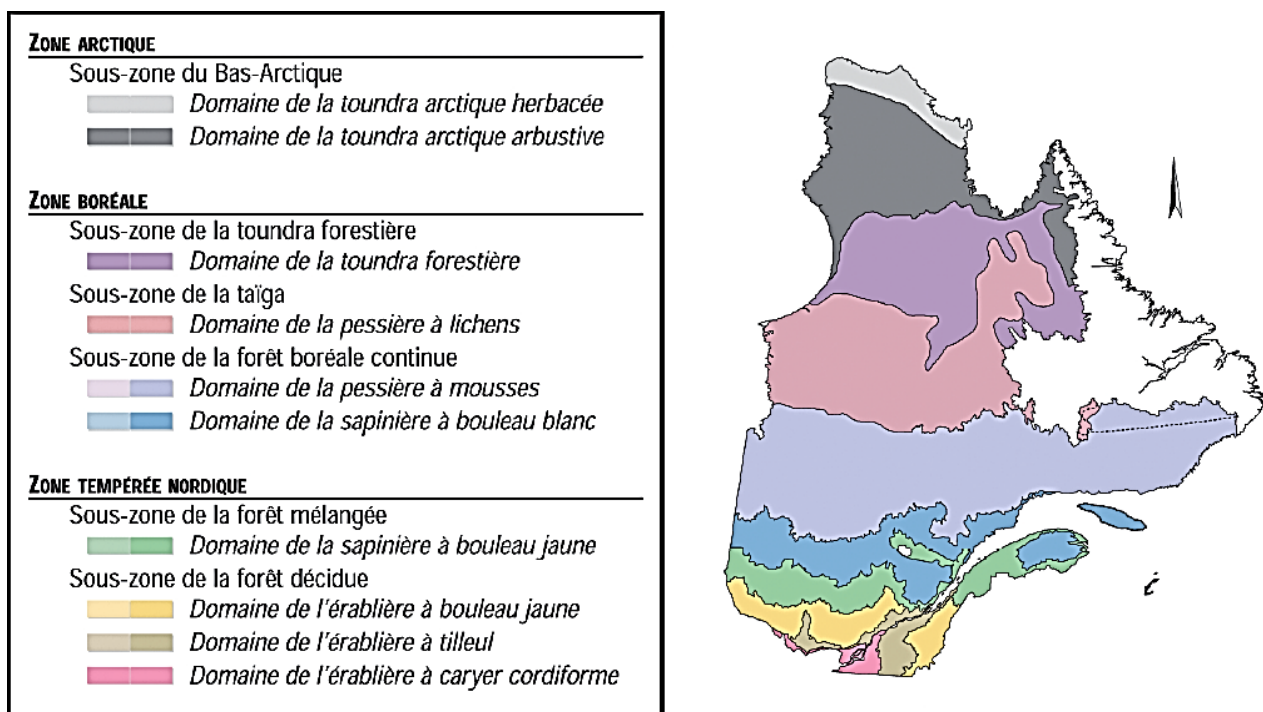


Figure 2.4 Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec (adapté de : Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, 2003)

Tableau 2.2 Caractéristiques générales des zones végétales et des domaines bioclimatiques (Grondin et al., 1996; MFFP, 2016a; Payette, 2013)

ZONE	SOUS-ZONE	DOMAINE	ÉTENDUE	TEMPÉRATURE MOYENNE/AN	PRÉCIPITATION MOYENNE/AN	NB D'ESSENCES	NB D'ESPÈCES DE PLANTES VASCULAIRES	EX. D'ESPÈCES	FACTEUR(S) DYNAMIQUE(S)
Zone boréale	Sous-zone de la forêt boréale continue	Domaine de la sapinière à bouleau blanc	139 000 km² sud de la zone boréale	0,0 à 1,0 °C	± 900 à 1000 mm	~ 15	~ 500	Sapin baumier, épinette blanche, bouleau blanc, épinette noire, mélèze, peupliers faux-tremble, pin gris*, bouleau jaune*, érable rouge*, frêne noir*, pin rouge*, pin blanc*, orme d'Amérique*, thuya occidental*	Épidémie d'insectes, feu, chablis
		Domaine de la pessière à mousses	412 400 km² jusqu'au 52° parallèle	-2,5 à 0,0 °C	600 à ≥ 1000 mm	~ 9	~ 850	Plantes herbacées Épinette noire, sapin baumier, bouleau blanc, peuplier faux-tremble Mousses hypnacées, plantes arbustives éricacées, plantes herbacées	Feu
	Sous-zone de la taïga	Domaine de la pessière à lichens	299 900 km² 52° au 55° parallèle	-5,0 à -2,5 °C	± 800 mm	~ 8	~ 600	Épinette noire, pin gris, sapin baumier* Lichens, plantes arbustives éricacées, plantes herbacées	Feu
	Sous-zone de la tundra forestière	Domaine de la tundra forestière ^a	217 100 km² 55° au 58° parallèle	-7,5 à -5,0 °C	400 à 500 mm	~ 7	~ 550	Épinette noire, épinette blanche, mélèze laricin, peuplier baumier Arbustes, lichens (<i>Cladonia</i> spp.), bryophytes	Feu, climat nordique, pergélisol
Zone arctique	Sous-zone du Bas-Arctique	Domaine de la tundra arctique arbustive	197 800 km² 58° au 61° parallèle	-6,0 à -10,0 °C	300 à 500 mm	~ 3	~ 320	Épinette noire ^{*b} , épinette blanche ^{*b} , mélèze laricin ^{*b} Arbustes (bouleau nain, saules), lichens, mousses, plantes herbacées (graminoïdes), plantes arbustives éricacées	Pergélisol, climat nordique, cycles gel-dégel
		Domaine de la tundra arctique herbacée ^c	38 200 km² 61° au 63° parallèle			0		Plantes herbacées pérennes, cypéracées, graminées, arbuste (saules), mousses, lichens	Pergélisol, sol rocheux et dénudé, climat nordique

* Espèces qui atteignent la limite nordique de leur aire de répartition.
^a Le domaine de la tundra forestière est l'écotone (zone de transition) entre la zone boréale et arctique. Sa limite nord coïncide avec la limite des arbres.
^b Espèce présente, mais sous des formes de croissance altérées par le froid, la neige et le vent.
^c La limite sud du domaine de la tundra arctique herbacée est la limite nordique de nombreuses espèces arbustives boréales.

La zone boréale du Québec s'étend du 47° au 58° degré Nord et est caractérisée par un climat froid et pluvieux. On y trouve des tourbières ombrothrophe (bogs), alimentées en eau par les précipitations atmosphériques (Canards Illimités Canada, 2015), qui s'amincissent du sud vers le nord. Le long de ce même gradient, on peut observer une augmentation des tourbières minérotrophes (fens) qui sont alimentées par des apports en eau significatifs autres que ceux des précipitations atmosphériques, comme le ruissellement de surface enrichi de minéraux dissous (Canards Illimités Canada, 2015). Dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc, on peut voir une flore dominée par des espèces boréales (telles que *Cornus canadensis* et *Clintonia borealis*). Dans les domaines de la pessière noire à mousses, de la pessière noire à lichens et de la toundra forestière, on peut observer une flore vasculaire changeante, telle que des espèces tempérées (par exemple *Juncus pelocarpus* et *Littorella americana*) qui disparaissent du sud au nord, et une flore vasculaire d'espèces arctiques (comme *Carex maritima* et *Calamagrostis deschampsoides*), qui suit un gradient contraire. (Grondin et al., 1996)

La limite nordique du domaine de la toundra forestière correspond à la limite des arbres du Québec. Ce domaine est caractérisé par une ouverture du couvert forestier, causée principalement par les feux fréquents sur de grandes superficies. Cette limite des arbres indique une démarcation par rapport à la dominance des plantes arctiques et boréales. La figure 2.2 et la figure 2.3 présentant le climat nordique de cette région du territoire montrent d'ailleurs la démarcation climatique distincte à cette limite. (Grondin et al., 1996)

Dans les domaines de la toundra arctique arbustive et herbacée, le climat est le principal facteur de contrôle écologique. Par exemple, une augmentation de seulement 1 °C de la température moyenne de juillet permettrait à environ 25 nouvelles espèces arctiques de s'ajouter au territoire (Grondin et al., 1996). Ces domaines sont ainsi uniques en leur genre et dépourvus d'arbre. Bien qu'ils composent près de 15 % de la superficie du territoire québécois, peu d'études de caractérisation y ont été réalisées, notamment en raison de l'éloignement de la région, de la difficulté d'y accéder (territoire sans route) et des conditions climatiques rigoureuses (Payette, 2013). Des recherches sur les domaines de la toundra forestière et de la toundra arctique ont toutefois pu répertorier environ 730 taxons de plantes vasculaires, alors que l'on en retrouve environ 2 800 sur l'ensemble du territoire québécois (Payette, 2013). Cependant, comme l'ouvrage de Serge Payette le mentionne, lorsqu'on veut évaluer la biodiversité d'un territoire :

« [...] il n'y a pas que la diversité des taxons à considérer comme valeur heuristique et biogéographique. Certaines caractéristiques comme la rusticité, la résilience et la capacité d'adaptation face aux conditions de vie parmi les plus contraignantes de l'espace nord-américain sont autant d'éléments à prendre en compte. » (Payette, 2013, p. 61)

Aux latitudes nordiques, les conditions climatiques sont extrêmes, tant par le peu de précipitation reçu au sol que par le faible ensoleillement ou les températures froides. Les lichens sont des organismes très bien adaptés à ces conditions, ce qui explique qu'on les retrouve partout dans le monde. Ils naissent d'une association symbiotique entre un organisme fongique (mycobionte), et un organisme photosynthétique (photobionte) qui peut être une algue verte unicellulaire ou une cyanobactérie (Adam Oliver Brown, s. d.).

Au Québec, ce sont près de 1500 espèces de lichens qui sont connues et un peu plus de 600 qui se retrouvent sur le territoire du Nord québécois tel que défini. Parmi ceux-ci, ce sont environ 50 % des lichens qui sont de type crustacé, c'est-à-dire attachés au substrat sur lequel ils poussent. Ces organismes peuvent être utilisés comme indicateur pour les études de bioaccumulation de contaminants dans l'air. Traditionnellement, ce sont plutôt les macrolichens, plus précisément les lichens foliacés et les lichens fruticuleux, qui sont utilisés pour ces études comme ceux des genres *Cladonia* et *Peltigera*. (J. Gagnon, courriel, 31 mai 2016 et Lichen Portal, s. d.)

Le tableau 2.3 présente des espèces de ces 2 genres retrouvées dans les domaines bioclimatiques du Nord québécois. Précisons que cette liste présente moins de 15 % des espèces retrouvées sur le territoire à l'étude.

Tableau 2.3 Exemples d'espèces trouvées au nord du 49^e parallèle, au Québec (Grondin et al., 1996; Thomson, 1984 et Lichen Portal, s. d.)

GENRES	EXEMPLES D'ESPÈCES	
Cladonia*	<i>Cladonia alpestris</i>	<i>Cladonia gracilis</i>
	<i>Cladonia amaurocraea</i>	<i>Cladonia macrophylla</i>
	<i>Cladonia arbuscula</i>	<i>Cladonia maxima</i>
	<i>Cladonia bellidiflora</i>	<i>Cladonia mitis</i>
	<i>Cladonia borealis</i>	<i>Cladonia phyllophora</i>
	<i>Cladonia boryi</i>	<i>Cladonia pleurota</i>
	<i>Cladonia cenotea</i>	<i>Cladonia pseudorangiformis</i>
	<i>Cladonia cervicornis</i>	<i>Cladonia pyxidata</i>
	<i>Cladonia chlorophaea</i>	<i>Cladonia rangiferina</i>
	<i>Cladonia coccifera</i>	<i>Cladonia squamosa</i>
	<i>Cladonia cornuta</i>	<i>Cladonia stellaris</i>
	<i>Cladonia crispata</i>	<i>Cladonia stricta</i>
	<i>Cladonia cristatella</i>	<i>Cladonia stygia</i>
	<i>Cladonia deformis</i>	<i>Cladonia subfurfurata</i>
	<i>Cladonia ecmocyna</i>	<i>Cladonia sulphurina</i>
	<i>Cladonia fimbriata</i>	<i>Cladonia turgida</i>
	<i>Cladonia gonecha</i>	<i>Cladonia uncialis</i>
Peltigera	<i>Peltigera aphthosa</i>	<i>Peltigera malacea</i>
	<i>Peltigera canina</i>	<i>Peltigera neopolydactyla</i>
	<i>Peltigera leucophlebia</i>	<i>Peltigera scabrosa</i>

* Principale source de nourriture des caribous en hiver

2.4 La faune

La latitude est l'un des principaux facteurs qui influencent la répartition des espèces fauniques terrestres puisqu'elle est directement liée aux facteurs climatiques, et tel que démontré précédemment, à la végétation. Puisque le territoire à l'étude s'étend du 49° au 63° parallèle du Québec, une grande variété de conditions environnementales est rencontrée à l'intérieur de chaque domaine bioclimatique, ce qui influence la dispersion des espèces que l'on y retrouve. Cette dispersion suit un gradient nord-sud, où les régions nordiques comptent le moins d'espèces, comme le montre la figure 2.5. (Berteaux et al., 2014)

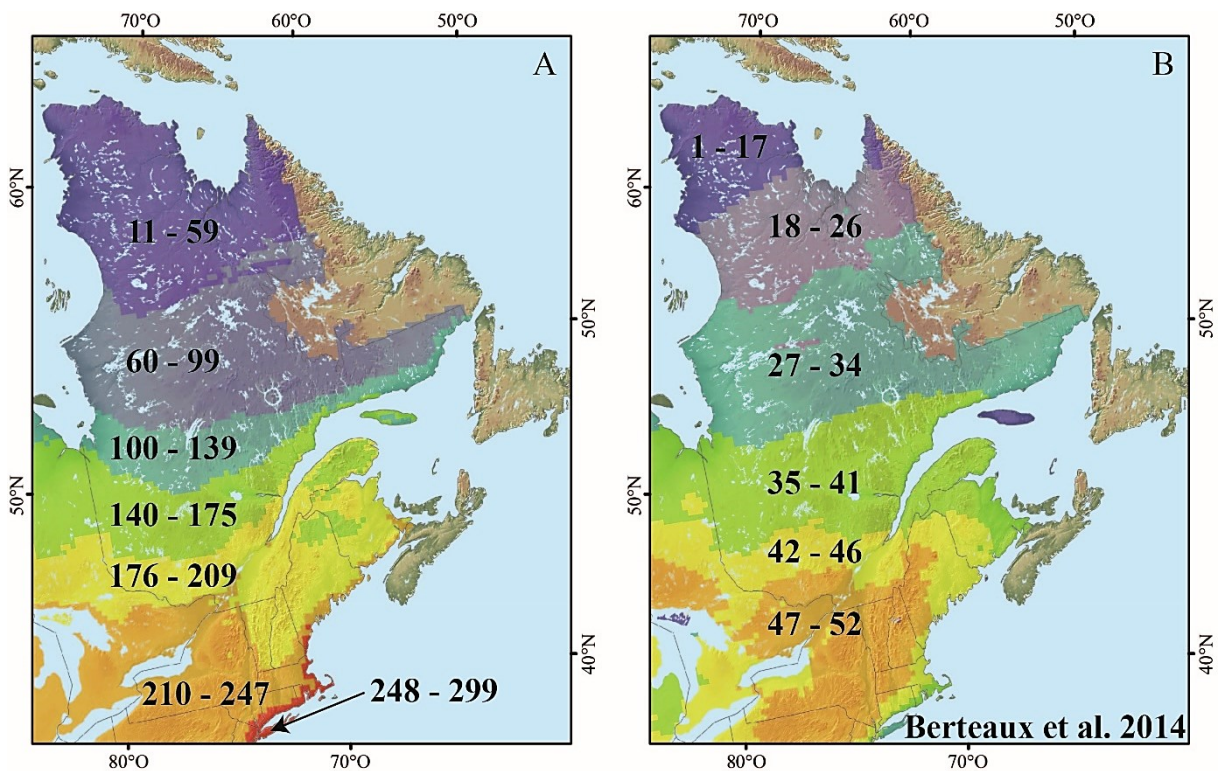


Figure 2.5 Gradient de richesse spécifique, exprimé en nombre d'espèces, des oiseaux (A) et des mammifères (B) (tiré de : Berteaux et al., 2014, p. 17)

Par contre, comme dans le cas de la flore, il n'y a pas que le nombre de taxons qui définit la richesse de la biodiversité : les assemblages uniques d'espèces fauniques et floristiques sur des terres où les conditions climatiques arctiques et boréales dessinent le paysage sont autant de critères qui ajoutent à la biodiversité québécoise. (Fondation de la faune du Québec, s. d.)

Les sections qui suivent décrivent la faune terrestre et aviaire, à l'exception des espèces de reptiles et d'amphibiens. En effet, l'analyse de la distribution de ces dernières n'a pas montré une répartition suffisante au-delà du 49° parallèle.

2.4.1 Les invertébrés du sol

Comme les espèces fauniques, la biodiversité des invertébrés diminue du sud vers le nord. Malheureusement, peu d'information sur leur répartition est disponible dans la littérature. On sait cependant que certaines espèces d'insectes des territoires méridionaux (comme *Lumbricus terrestris* et *Philonthus cognatus*) ne colonisent pas la zone boréale en raison de sol acide (Moore, Ouimet et Reynolds, 2009 et Römcke, Jänsch, et Scroggins, 2006) ou encore la zone arctique, cette région dénudée, parce qu'ils dépendent des arbres pour trouver nourriture et abri (MacPherson, 2015).

Les invertébrés en contact avec le sol sont susceptibles d'être exposés à des contaminants de façon directe. L'annexe 5 présente des espèces d'invertébrés du sol identifiées par Römcke et al. (2006) et pour lesquels des tests écotoxicologiques existent déjà. Certaines d'entre-elles sont typiques des forêts boréales et des terres plus nordiques comme *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrius rubidus*, *Lumbricus rubellus* et *Protaphorura armata*. La sélection des espèces identifiées a été réalisée selon des critères basés sur l'habitat, la fréquence, l'abondance, l'origine, la taxonomie, la tolérance aux stress et l'aspect pratique de leur utilisation comme bio-indicateur.

2.4.2 Les oiseaux

Tout comme les mammifères, les oiseaux peuvent être exposés aux contaminants présents dans l'air, l'eau et les sols, que ce soit durant leurs déplacements, au moment de nicher ou lorsqu'ils s'alimentent. D'ailleurs, bon nombre d'espèces d'oiseaux retrouvées sur le territoire nordique du Québec sont nicheuses et migrent vers le sud durant l'hiver. Leur temps de résidence sur des terrains possiblement contaminés est donc réduit, mais reste toutefois non négligeable.

Le tableau 2.4 présente quelques espèces qui peuvent être retrouvées au nord du 49° parallèle. Certaines d'entre elles y résident alors que d'autres ne font qu'y nicher. Parmi ces dernières, l'oie des neiges (*Chen caerulescens*) niche près de la côte de la haute toundra arctique durant l'été (MFFP, 2016b). La carte de sa répartition montre cette aire très ciblée. Le pluvier kildir (*Charadrius vociferus*) a lui aussi des aires de nidification spécifiques localisées dans la région de la Côte-Nord et sur l'île d'Anticosti. Le bruant des prés (*Passerculus sandwichensis*) et le merle d'Amérique (*Turdus migratorius*) ont, quant à eux, des aires de nidifications très larges, qui peuvent s'étendre jusqu'à la baie d'Ungava dans le cas du merle. (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources [IUCN], 2016)

Certaines espèces d'oiseaux aux aires de nidifications particulières sont présentées au tableau 2.4, comme le canard pilet (*Anas acuta*), qui niche au-delà de la limite des arbres et dans le secteur est du domaine de la

peissière à mousse. La corneille d'Amérique (*Corvus brachyrhynchos*) préfère les sections boisées et ne dépasse que de très peu la limite du 49° parallèle. Quant à l'eider à duvet (*Somateria mollissima*), un oiseau marin colonial (MFFP, 2016c), il niche sur les côtes du Nunavik.

D'autres espèces d'oiseaux ont une aire de résidence qui s'étend au nord du 49° parallèle, comme le faucon gerfaut (*Falco rusticolus*), qui réside dans la région de la péninsule d'Ungava et de la cordillère Arctique. Dans le reste du Québec, il peut être observé lors de ses déplacements. Le lagopède alpin (*Lagopus mutus*), quant à lui, a une aire de répartition semblable à celle du faucon gerfaut. Ses déplacements se limitent par contre au nord du 49° parallèle. Finalement, le harfang des neiges (*Bubo scandiacus*) niche dans la zone arctique de l'Amérique du Nord, qui s'étend jusqu'à l'extrême nord du Québec. On peut toutefois le voir dans le reste de la province lors de ses déplacements. (IUCN, 2016)

L'annexe 6 présente une liste complète des oiseaux retrouvés dans le Nord québécois. Il est possible d'y remarquer que très peu d'espèces ont une aire de répartition qui s'étend dans toutes les régions du Québec nordique. Il y a également moins d'espèces qui ont été observées au-delà de la région de la péninsule d'Ungava, l'extrême nord de la province, comme préalablement présenté à la figure 2.5.

Tableau 2.4 Exemple d'espèces d'oiseaux ayant une répartition s'étendant au nord du 49° parallèle (CEAEQ, 2010b; MFFP, 2016d et Fédération canadienne de la faune, s. d.a)











ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹	ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹
Bruant des prés (<i>Passerculus sandwichensis</i>)		Canard pilet (<i>Anas acuta</i>)	
Corneille d'Amérique (<i>Corvus brachyrhynchos</i>)		Eider à duvet (<i>Somateria mollissima</i>)	

Tableau 2.4 (suite) Exemple d'espèces d'oiseaux ayant une répartition s'étendant au nord du 49^e parallèle (CEAEQ, 2010b; MFFP, 2016d et Fédération canadienne de la faune, s. d.a)

ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹	ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹
Faucon gerfaut (<i>Falco rusticolus</i>)		Harfang des Neiges (<i>Bubo scandiacus</i>)	
Lagopède alpin (<i>Lagopus mutus</i>)		Merle d'Amérique (<i>Turdus migratorius</i>)	
Oie des neiges (<i>Chen caerulescens</i>)		Pluvier kildir (<i>Charadrius vociferus</i>)	

¹Cartes de répartition tirées de : IUCN, 2016. Seules les espèces ayant une répartition au nord du 49^e parallèle ont été retenues. En jaune : aire de résidence de l'espèce; en orange : aire de mouvement et en brun : aire de reproduction de l'espèce. N.B. : Les aires de répartition ne représentent pas l'abondance de l'espèce, mais bien des occurrences.

Au Québec, la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) permet de protéger les espèces désignées par le ministre du MDDELCC et par le ministre du MFFP. Cette loi permet également de prendre en compte les espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (MDDELCC, 2016c). Le statut d'espèce vulnérable qualifie une « espèce dont la survie est jugée précaire même si sa disparition n'est pas appréhendée à court ou à moyen terme », alors que le statut d'espèce menacée « s'applique lorsque la disparition de l'espèce est appréhendée. » (MFFP, 2016e)

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) est un comité consultatif indépendant du gouvernement canadien qui évalue l'état des espèces à risque. Il propose ensuite leurs évaluations au ministère de l'environnement, qui peut alors fournir un statut ainsi qu'une protection légale en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* du Canada (LEP) (COSEPAC, 2009). Selon leurs définitions, une espèce en

voie de disparition est une « espèce sauvage exposée à une disparition de la planète ou à une disparition du pays imminente », une espèce menacée est « susceptible de devenir en voie de disparition si rien n'est fait pour contrer les facteurs qui la menacent de disparition ou d'extinction » et une espèce préoccupante « peut devenir menacée ou en voie de disparition en raison de l'effet cumulatif de ses caractéristiques biologiques et des menaces reconnues qui pèsent sur elle. » Ces définitions sont pratiquement identiques à celles sur lesquelles la LEP se base. (COSEPAC, 2014)

Parmi les espèces d'oiseaux répertoriées dans le Nord québécois, 12 ont un statut particulier selon la LEMV, selon le COSEPAC, selon la LEP ou selon plusieurs de ces entités. Le tableau 2.5 les présente en spécifiant leur(s) statut(s). Il est intéressant de noter qu'une espèce peut avoir un statut au Québec, mais pas selon le COSEPAC ni selon la LEP. Il y a aussi quelques cas où une espèce a un statut au COSEPAC, mais pas selon la LEP, bien que cette dernière se base habituellement sur les recommandations du comité.

Tous les oiseaux répertoriés au tableau 2.5 sont des espèces qui ont une aire de nidification qui s'étend au-delà du 49° parallèle. Ils ne résideront sur le territoire étudié que sur une période de quelques mois, ce qui pourrait réduire leur contact avec une contamination potentielle. Il faut toutefois garder en tête et surtout tenir compte de la sensibilité des espèces durant cette période. Par exemple, dans le cas de l'aigle royal, la période de nidification s'étend du début du mois d'avril à la mi-juin. Chaque année, les mêmes couples se retrouvent au même site pour entamer ce cycle de ponte. Cet oiseau est par contre très sensible aux changements qui pourraient survenir lors de cette période et peut même être poussé à abandonner son nid en raison d'un dérangement lié aux activités humaines. (MFFP, 2010)

Tableau 2.5 Espèces d’oiseaux à statut particulier ayant une répartition s’étendant au nord du 49^e parallèle (COSEPAC, 2016; Gouvernement du Canada, 2016; MFFP, 2006)













ESPÈCE	STATUT LEMV	STATUT COSEPAC	STATUT LEP	CARTE DE RÉPARTITION ¹	COMMENTAIRE
Aigle royal (<i>Aquila chrysaetos</i>)	Vulnérable	Aucun	Aucun		Au nord du Québec, les inventaires réalisés le long de la baie d'Hudson et le suivi de quelques sites connus ont permis d'identifier une vingtaine de territoires de reproduction. Dans la région du bassin versant de la baie d'Ungava, 23 territoires de reproduction ont été répertoriés, dont une dizaine dans la région de la rivière George. On compte maintenant environ 39 territoires de reproduction dans le secteur de la Côte-Nord – dont un noyau plus important se trouve dans les bassins versants des rivières Sainte-Marguerite et Moisie – jusqu'à la rivière Romaine.
Arlequin plongeur (<i>Histrionicus histrionicus</i>), population de l'Est	Vulnérable	Préoccupante	Préoccupante		Une part importante de la population d'arlequins plongeurs de l'est de l'Amérique du Nord niche au Québec. On sait maintenant qu'une sous-population se reproduit dans certains secteurs du Nunavik et hiverne sur les côtes du Groenland, alors qu'une autre sous-population niche en Gaspésie et probablement aussi sur la Basse-Côte-Nord. Plusieurs sites de mue, en eau salée, sont également utilisés dans la province : le long de la Gaspésie et de la Basse-Côte-Nord de même qu'à l'île d'Anticosti.
Engoulevent d'Amérique (<i>Chordeiles minor</i>)	Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable	Menacée	Menacée		Au Canada, l'espèce est présente dans toutes les provinces et tous les territoires, à l'exception du Nunavut. Dans l'est du pays, elle se reproduit dans le sud du Labrador, et très rarement, sur l'île de Terre-Neuve. Au Québec, l'engoulevent d'Amérique se rencontre dans les basses terres du Saint-Laurent, mais on ignore si l'espèce se reproduit aux îles de la Madeleine et à l'île d'Anticosti.
Faucon pèlerin <i>anatum/tundrius</i> (<i>Falco peregrinus anatum/tundrius</i>)	Vulnérable/ Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable	Préoccupante	Préoccupante	 (carte générale sans distinction des sous-espèces)	Le seuil du niveau de population pour le changement à une catégorie de moindre risque a été atteint pour les deux sous-espèces <i>tundrius</i> et <i>anatum</i> . Ce rétablissement est le résultat de réintroductions dans la majeure partie du sud du Canada et à des accroissements naturels de la productivité suivant l'interdiction des pesticides organochlorés au Canada (par exemple le DDT).
Garrot d'Islande (<i>Bucephala islandica</i>)	Vulnérable	Préoccupante	Préoccupante		Les limites de l'aire de répartition de la population de l'est du Garrot d'Islande demeurent inconnues. Les données indiquent qu'elle ne niche qu'au Canada; les seules observations de nidification confirmées viennent du Québec. De 3 500 à 4 000 oiseaux de cette espèce hivernent au Québec : 2 500 individus le long de l'estuaire du Saint-Laurent, de 1 000 à 1 500 individus le long du golfe du Saint-Laurent et près de 400 individus dans les provinces de l'Atlantique et au Maine.
Goglu des prés (<i>Dolichonyx oryzivorus</i>)	Aucun	Menacée	Aucun		L'espèce a subi de graves déclin depuis la fin des années 1960. Ces déclin se sont poursuivis au cours des dix dernières années, particulièrement dans le centre de son aire de répartition dans l'est du Canada.
Hirondelle de rivage (<i>Riparia riparia</i>)	Aucun	Menacée	Aucun		Cette espèce largement répandue a subi un grave déclin à long terme, sa population canadienne ayant chuté de 98 % au cours des 40 dernières années. Comme pour beaucoup d'autres insectivores aériens, le déclin se poursuit, mais il est moins prononcé depuis les années 1980.

Tableau 2.5 (suite) Espèces d’oiseaux à statut particulier ayant une répartition s’étendant au nord du 49^e parallèle (COSEPAC, 2016; Gouvernement du Canada, 2016; MFFP, 2006)

ESPÈCE	STATUT LEMV	STATUT COSEPAC	STATUT LEP	CARTE DE RÉPARTITION ¹	COMMENTAIRE
Hibou des marais (<i>Asio flammeus</i>)	Susceptible d’être désignée menacée ou vulnérable	Préoccupante	Préoccupante		L’espèce a subi une diminution de population continue au cours des 40 dernières années, incluant une perte de 23 % au cours des 10 dernières années seulement. La perte et la dégradation de l’habitat dans les aires d’hivernage constituent vraisemblablement les menaces les plus graves, les menaces secondaires étant la perte et la dégradation continues de l’habitat dans les aires de reproduction dans le sud du Canada et l’utilisation de pesticides.
Moucherolle à côtés olive (<i>Contopus cooperi</i>)	Susceptible d’être désignée menacée ou vulnérable	Menacée	Menacée		Dans les années 1990, la population mondiale était estimée à 1,2 million d’individus; cet effectif aurait chuté à environ 700 000 oiseaux en 2005, dont 450 000 se reproduisant au Canada.
Phalarope à bec étroit (<i>Phalaropus lobatus</i>)	Aucun	Préoccupante	Aucun		L’espèce fait face à des menaces potentielles dans ses lieux de reproduction incluant la dégradation de l’habitat associée aux changements climatiques. Elle est également vulnérable à l’exposition aux polluants et au pétrole pendant la migration et durant l’hiver. Il en est ainsi, car les oiseaux se rassemblent en grand nombre sur l’océan, particulièrement là où les courants concentrent les polluants
Quiscale rouilleux (<i>Euphagus carolinus</i>)	Susceptible d’être désignée menacée ou vulnérable	Préoccupante	Préoccupante		Plus de 70 % de l’aire de reproduction de cette espèce se trouve dans la forêt boréale du Canada. L’espèce a connu un grave déclin qui semble se poursuivre, bien que ce soit à un rythme plus lent. Il n’existe aucune preuve permettant d’affirmer que cette tendance sera renversée. Les menaces connues, qui se manifestent principalement dans l’aire d’hivernage, comprennent la conversion d’habitat et les programmes de contrôle des oiseaux noirs aux États-Unis.
Sturnelle des prés (<i>Sturnella magna</i>)	Aucun	Menacée	Aucun		L’espèce a initialement réagi en étendant son aire de reproduction (principalement vers l’est). Toutefois, depuis le milieu du 20 ^e siècle, l’étendue et la qualité des prairies de substitution dans l’ensemble de son aire de répartition ont connu un déclin. Bien que la population de l’espèce demeure relativement grande, elle a connu des déclin persistants à l’échelle de son aire de répartition.

¹Cartes de répartition tirées de : IUCN, 2016. Seules les espèces ayant une répartition au nord du 49^e parallèle ont été retenues. En jaune : aire de résidence de l’espèce; en brun : aire de reproduction de l’espèce.
N.B. : Les aires de répartition ne représentent pas l’abondance de l’espèce, mais bien des occurrences.

2.4.3 Les mammifères

Les mammifères font partie des récepteurs terrestres potentiels d'une contamination des sols, de l'eau et de l'air. Leurs mouvements à l'intérieur d'un territoire, leur aire de reproduction, et les corridors qu'ils empruntent lors des migrations, sont des exemples d'informations essentielles qui permettent de déterminer l'amplitude des impacts qu'une contamination d'un terrain précis peut avoir. En effet, un mammifère qui aura un domaine vital large aura plus de chance d'entrer en contact avec une source de contamination localisée. Au contraire, un petit mammifère ayant un habitat restreint et y vivant la majorité de sa vie verra sa probabilité d'entrer en contact avec une source de contaminant lors de ses déplacements diminuée. Par contre, s'il advenait que le domaine vital de ce dernier se retrouve dans une zone contaminée, les impacts de cette source de contamination pourraient être plus importants puisqu'il y sera constamment exposé, contrairement à un mammifère ayant un domaine vital plus grand, qui effectuera plus de déplacement ce qui diminuera son exposition.

Le tableau 2.6 présente quelques exemples d'espèces de mammifères ayant des aires de répartition variées et s'étendant au nord du 49° parallèle. Comme on peut le voir, le campagnol à dos roux de Gapper (*Myodes gapperi*) est largement réparti dans tout le Québec. On ne le retrouve cependant pas dans le domaine de la toundra arctique herbacée, le domaine ayant les conditions climatiques les plus extrêmes. Le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) est réparti presque partout dans la province, sauf dans la péninsule d'Ungava, où il n'y a plus d'arbres, et la région de la cordillère Arctique, montagneuse. Il en est de même de la martre d'Amérique (*Martes americana*). Le lièvre arctique (*Lepus arcticus*), au contraire, a une répartition inverse : c'est-à-dire qu'il n'est présent que dans les régions de la péninsule d'Ungava et de la cordillère Arctique. Le condylure étoilé (*Condylura cristata*), une espèce de taupe, se limite à la forêt feuillue et boréale. Habitant sous la surface du sol, l'espèce est confinée au territoire sans pergélisol, facteur qui limite sa répartition vers les régions les plus nordiques du Québec (CEAEQ, 2010c).

L'annexe 7 présente une liste complète et détaillée des mammifères terrestres retrouvés dans le Nord québécois. Il est possible d'y remarquer que très peu d'espèces ont une aire de résidence au-delà de la région de la péninsule d'Ungava, l'extrême nord de la province, comme présenté à la figure 2.5. C'est le cas de l'ours noir (*Ursus americanus*; tableau 2.6) qui s'aventure peu en milieu ouvert et préfère les milieux forestiers, où il peut se nourrir entre autres de petits fruits et de plantes herbacées. Son aire de répartition est dépendante des variations saisonnières et de la disponibilité de la nourriture. Il passe entre 5 et 7 mois en hibernation, tout dépendamment de l'abondance de nourriture disponible en automne. Durant cette période, puisque l'ours noir est tapi dans sa tanière, il est généralement tenu à l'écart des sources de contaminations ponctuelles. (CEAEQ, 2010d)









Le renard roux (*Vulpes vulpes*) reste actif durant tout l'hiver et se nourrit de vertébrés, d'invertébrés et de fruits. Il parcourt chaque jour de grandes distances ce qui peut l'exposer à plusieurs sources de contamination. Son aire de répartition comprend tout le territoire québécois, ce qui indique qu'il peut vivre dans une grande variété d'habitats très différents les uns des autres, passant de zones de friches à des toundras alpines. Le renard arctique (*Vulpes lagopus*) n'est retrouvé que dans la partie nord du Québec, préférant les toundras alpines et arctiques et fréquentant parfois la lisière de la forêt boréale. (CEAEQ, 2010e)

Parmi les espèces de mammifères répertoriées sur le territoire, huit ont un statut particulier selon la LEMV, selon le COSEPAC, selon la LEP ou selon plusieurs de ces entités. Trois d'entre elles sont des mammifères marins et ont été inclus dans le tableau 2.7 pour information. Les définitions des différents statuts sont les mêmes pour les mammifères et les oiseaux, présentés au chapitre 2.4.2. Notons qu'en plus d'être régies par la LEMV au provincial et/ou la LEP au fédéral, ces 3 espèces sont réglementées par le *Règlement sur les mammifères marins* qui découle de la *Loi fédérale sur les pêches*.

La protection de ces espèces particulières passe entre autres par des stratégies et des programmes de protection, ainsi que par la nécessité de faire des recherches sur ces espèces et sur leur habitat. Par exemple, le gouvernement canadien a mis en place une *Stratégie nationale de conservation de l'ours blanc (Ursus maritimus) pour le Canada* dans le but d'aider les sous-populations à se stabiliser à long terme et de favoriser la gestion de l'espèce entre les gouvernements des provinces (ECCC, 2011).

Le béluga, quant à lui, a une valeur emblématique pour le Québec (Shields, 2013, 25 octobre), alors que le caribou a une importance économique, mais aussi culturelle pour les populations du nord (Fédération canadienne de la faune, 2005a). Dans ce dernier cas, l'Équipe de rétablissement du caribou forestier au Québec a été mise en place et a permis la publication de plans de rétablissement, le plus récent s'étendant sur un horizon de 2013 à 2023 (Équipe de rétablissement du caribou forestier au Québec, 2013).



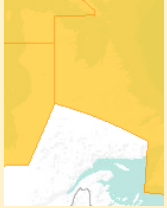

Tableau 2.6 Exemples d'espèces de mammifères ayant une répartition s'étendant au nord du 49^e parallèle (CEAEQ, 2010a; Desrosiers, Morin, et Jutras, 2002; MFFP, 2016d; Fédération canadienne de la faune, s. d.b; Burt et Grossenheider, 1992)

ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹	ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹
Campagnol à dos roux de Gapper (<i>Myodes gapperi</i>)		Condylure étoilé (<i>Condylura cristata</i>)	
Lièvre arctique (<i>Lepus arcticus</i>)		Lièvre d'Amérique (<i>Lepus americanus</i>)	
Martre d'Amérique (<i>Martes americana</i>)		Ours noir (<i>Ursus americanus</i>)	
Renard arctique (<i>Vulpes lagopus</i>)		Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>)	

¹Cartes de répartition tirées de : IUCN, 2016. Seules les espèces ayant une répartition au nord du 49^e parallèle ont été retenues.
En jaune : aire de résidence de l'espèce.

N.B. : Les aires de répartition ne représentent pas l'abondance de l'espèce, mais bien des occurrences.

Tableau 2.7 Espèces de mammifères à statut particulier ayant une répartition s’étendant au nord du 49° parallèle (COSEPAC, 2016; Gouvernement du Canada, 2016; MFFP, 2006)

ESPÈCE	STATUT LEMV	STATUT COSEPAC	STATUT LEP	CARTE DE RÉPARTITION ¹	COMMENTAIRE
Belette pygmée (<i>Mustela nivalis</i>)	Susceptible d'être désignée espèce menacée ou vulnérable	Aucun	Aucun		Elle occupe la toundra ou la forêt coniférienne au nord, mais préfère, dans les secteurs plus au sud, les milieux ouverts tels que les prairies, les prés humides, les régions marécageuses, les berges des cours d'eau et les broussailles. Malgré une aire de répartition étendue, cette espèce est généralement considérée comme rare dans l'ensemble de cette aire. Au Québec, les mentions de belette pygmée sont rares.
Béluga (<i>Delphinapterus leucas</i>), population de l'est de la baie d'Hudson et population de la baie d’Ungava	Susceptible d'être désignée espèce menacée ou vulnérable	En voie de disparition	Aucun	n/d	Les bélugas qui, de juin à août, estivent le long du littoral est de la baie d'Hudson, dans les estuaires des rivières entre Inukjuak et Kuujjuarapik et dans la plus grande partie de la baie James font partie d'une population désignée sous le nom de « population de bélugas de l'est de la baie d'Hudson ». La population de bélugas de la baie d'Ungava estive dans les eaux côtières et dans les estuaires des rivières du sud de la baie d'Ungava, entre Tasiujak (baie aux Feuilles) et Kangirsualujjuak (rivière George, Port-Nouveau-Québec).
Carcajou (<i>Gulo gulo</i>)	Menacé	Préoccupante	Aucun		Il est maintenant disparu de la Gaspésie et de la rive sud du fleuve Saint-Laurent. Il est difficile d'établir avec certitude sa répartition actuelle qui semble davantage se limiter au nord du 49° parallèle. Certaines mentions d’observation laissent toutefois supposer que le carcajou pourrait aussi être présent au sud de cette ligne.
Caribou des bois (<i>Rangifer tarandus caribou</i>), écotype forestier	Vulnérable	Menacée	Menacée	n/d	L’aire de répartition du caribou forestier est étroitement associée à la forêt boréale de tout l’hémisphère nord. Au Québec, le caribou forestier est réparti en petits groupes, appelés hardes, dans une bande de la forêt boréale d’environ 500 km située entre le 49e et le 55e parallèle de latitude nord. De plus, deux petites hardes isolées subsistent au sud du 49e parallèle : celle de Val-d’Or (estimée à une vingtaine d’individus) et celle de Charlevoix (estimée à environ 85 individus).
Morse de l'Atlantique (<i>Odobenus rosmarus rosmarus</i>)	Susceptible d’être désignée menacée ou vulnérable	Préoccupante	Aucun	n/d	Certaines des populations semblent être plus en péril que d’autres en raison de la chasse excessive et pourraient être menacées. Cependant, il y a un manque de connaissances au sujet de la structure des populations pour pouvoir les évaluer séparément.
Ours blanc (<i>Ursus maritimus</i>)	Vulnérable	Préoccupante	Préoccupante		Au Canada, on trouve près de 15 500 ours blancs du Yukon au Labrador et de l'île d'Ellesmere à la baie James. Trois sous-populations touchent le Québec, soit : bassin de Fox (environ 2 300 individus), sud de la baie d'Hudson (environ 800 individus) et détroit de Davis (environ 2 250 individus).
Petite chauve-souris brune (<i>Myotis lucifugus</i>)	Aucun	En voie de disparition	En voie de disparition		Environ 50 % de l’aire de répartition mondiale de cette petite chauve-souris se trouve au Canada. Les sous-populations dans la partie est de l’aire de répartition ont été dévastées par le syndrome du museau blanc, une maladie fongique causée par un pathogène introduit.
Phoque commun de la sous-espèce des Lacs des Loups Marins (<i>Phoca vitulina mellonae</i>)	Susceptible d’être désignée menacée ou vulnérable	En voie de disparition	Préoccupante	n/d	Cette sous-espèce confinée aux eaux intérieures est endémique au Québec, et sa population pourrait compter aussi peu que 100 individus. Elle habite dans un petit groupe de lacs dans le nord du Québec et est la seule sous-espèce à vivre uniquement en eau douce. La population a connu, et connaît peut-être encore, un déclin causé par la chasse. Des aménagements hydroélectriques proposés causeraient des changements considérables à l'habitat.

¹Cartes de répartition tirées de : IUCN, 2016. Seules les espèces ayant une répartition au nord du 49° parallèle ont été retenues. En jaune : aire de résidence de l’espèce.
N.B. : Les aires de répartition ne représentent pas l’abondance de l’espèce, mais bien des occurrences.

3 ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE

L'évaluation du risque écotoxicologique (ÉRÉ) est :

« un processus rationnel d'identification, de comparaison et d'analyse de mesures descriptives permettant de porter un jugement global relatif au comportement environnemental et aux effets de contaminants sur un ou des récepteurs dans une situation d'aide à la décision. » (CEAEQ, 1998)

En d'autres mots, l'ÉRÉ est un outil qui permet d'estimer les possibilités d'effets néfastes d'une activité émettant des contaminants dans l'environnement.

Comme vu dans les chapitres précédents, les conditions régnant en territoire nordique ont minimisé le développement des activités humaines. Le Plan Nord prévoit des activités qui pourraient avoir un impact sur les récepteurs biologiques, incluant une croissance des activités minières et forestières, ainsi que le transport que celles-ci nécessiteront.

Dans sa forme actuelle, l'ÉRÉ n'est toutefois pas nécessairement adaptée aux environnements nordiques. Un survol du cadre législatif qui régit cet outil et des différentes formes qu'il peut prendre précèdera l'analyse de cette procédure, telle que présentée dans ce présent chapitre, et permettra de déterminer les étapes plus critiques pour son application dans le Nord québécois. Cette analyse portera principalement sur les récepteurs biologiques actuellement utilisés, les critères établis et les valeurs de références existantes. Elle permettra ainsi de proposer des recommandations pour adapter cette procédure au milieu nordique québécois.

3.1 Le cadre législatif québécois

Toute activité industrielle est à risque de rejeter des contaminants dans l'environnement. Certaines lois et certains règlements québécois permettent la gestion des terrains contaminés par ces activités, notamment par la mise en place de critères de gestion stricts. Les sous-chapitres qui suivent décrivent brièvement le cadre législatif qui régit la gestion de ces terrains.

3.1.1 La *Loi sur la qualité de l'environnement* et ses règlements

Créée en 1972, la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) est la principale loi environnementale en vigueur au Québec. Elle permet de répondre aux préoccupations environnementales des citoyens québécois, incluant la qualité de l'eau, de l'atmosphère et du sol. Elle donne plusieurs pouvoirs au ministre de l'environnement, comme celui d'élaborer des plans de protection et de gestion de l'environnement. La

section IV de la LQE présente les articles qui s'assurent de sa protection, notamment avec l'article 20 qui permet de réglementer toute émission, dépôt, dégagement ou rejet de contaminant.

En 2002, la *Loi modifiant la Loi sur la qualité de l'environnement et d'autres dispositions législatives relativement à la protection et à la réhabilitation des terrains* a été adoptée par l'Assemblée nationale dans le but de modifier la section IV.2.1 de la LQE. Cette loi a mis en place de nouvelles règles visant la protection des terrains ainsi que leur réhabilitation en cas de contamination. (MDDELCC, 2016d)

La section IV.2.1 de la LQE donne au ministre des pouvoirs d'ordonnance notamment pour obliger la caractérisation de terrains et leur réhabilitation. Elle reconnaît aussi comme mode de réhabilitation possible le maintien en place des contaminants présents sur un terrain, pourvu que soient prises certaines mesures de mitigation propres à protéger l'environnement et les utilisateurs du terrain. En d'autres mots, elle reconnaît l'évaluation des risques pour la protection et la réhabilitation des terrains. Cette section décrit, entre autres, les situations où une évaluation du risque écotoxicologique peut ou doit être menée. Ainsi, les articles 31.45, 31.51, 31.53 à 31.56 et 31.57 indiquent qu'une évaluation des risques toxicologique et écotoxicologique ainsi qu'une évaluation des impacts sur les eaux souterraines doivent être complétées dans le cas où l'on souhaite maintenir des concentrations en contaminants excédant les valeurs limites réglementaires dans les situations suivantes :

- La caractérisation et la réhabilitation d'un terrain;
- La cessation définitive d'activité industrielle ou commerciale désignée par règlement sur un terrain;
- Le changement d'utilisation d'un terrain;
- La réhabilitation volontaire d'un terrain.

Le *Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement* précise les activités réglementées par la LQE. L'annexe 8 liste ces activités parmi lesquelles figurent : les activités minières (mine d'or, de cuivre, de zinc, de fer, d'autres métaux, d'amiante), les activités de l'industrie du bois (produits de scieries, préservation du bois, etc.), les activités de première transformation des métaux (fonderies d'acier et de fer, laminage de l'aluminium et du cuivre, etc.) et d'autres activités comme l'entreposage de matières résiduelles et de sols contaminés. Le *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* fixe, quant à lui, les valeurs limites pour une gamme de contaminants (présentées à l'annexe 3), en plus d'établir pour certaines activités visées les cas, conditions et délais dans lesquels un contrôle de la qualité des eaux souterraines à l'aval hydraulique des terrains devra être réalisé. Il a notamment pour effet de faciliter l'application du pouvoir d'ordonnance du ministre pour obliger la caractérisation de terrains et leur réhabilitation, si elle est requise. De plus, il permet de mieux connaître et de corriger toute

contamination issue d'activités industrielles ou commerciales, lorsque les entreprises œuvrant dans un secteur visé cessent définitivement leurs activités.

Les intervenants du MDDELCC se réfèrent à la loi et aux règlements décrits précédemment pour s'assurer de la conformité des projets déposés pour approbation. Cette façon de faire s'appliquera également aux projets inclus dans le cadre du développement du Nord québécois.

3.1.2 La Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés

La *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (la Politique) apporte des explications sur la gestion et la réhabilitation des sites contaminés au Québec. Créée en 1998, elle sera sujette à une mise à jour qui devrait être publiée prochainement durant l'année 2016 (Varfalvy, 2016).

L'estimation des impacts et du risque potentiels d'un terrain contaminé se fait, dans un premier temps, à l'aide des critères génériques pour les sols (annexe 3) et les eaux souterraines. L'usage d'un terrain sera déterminé selon son zonage qui déterminera le critère auquel il devra être réhabilité soit :

- Niveau A : Teneurs de fond pour les paramètres inorganiques et limite de quantification pour les paramètres organiques. Les critères du niveau A présentent les concentrations habituellement retrouvées dans l'environnement et diffèrent d'une région géologique à une autre;
- Niveau B : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation résidentielle, récréative et institutionnelle;
- Niveau C : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation commerciale et pour des terrains à usage industriel.

Ainsi, l'approche par critère compare les concentrations des différents contaminants présents sur le terrain aux critères de la classe appropriée. Dans la majorité des situations, l'intervenant qui souhaite réhabiliter son terrain devra retirer les sols dont les concentrations en contaminants excèdent le critère d'usage.

Dans le cas où le retrait des sols contaminés serait trop dispendieux ou difficilement réalisable, comme c'est le cas dans les zones isolées, le propriétaire d'un terrain peut alors faire appel à une évaluation du risque s'il désire laisser en place des niveaux de contamination qui excèdent les critères génériques. (MDDELCC, 1998)

3.1.3 Les évaluations des risques au Québec

L'évaluation des risques est une procédure en trois temps, développée pour gérer les terrains contaminés dans une optique de développement durable. L'outil permet d'établir des mesures de gestion en tenant compte des récepteurs écologiques, de leur comportement (déplacement, alimentation, voies d'absorption, etc.) et des effets des contaminants présents sur le terrain à l'étude sur ceux-ci. Cette procédure permet plus précisément de (CEAEQ, 1998) :

- Évaluer le risque d'un terrain pour l'humain, la faune et la flore;
- Établir des critères spécifiques de gestion des sols contaminés et des eaux souterraines;
- Déterminer les mesures de mitigation nécessaires pour gérer le risque;
- Évaluer le risque résiduel à la suite de l'application des mesures de mitigation.

Un intervenant voulant utiliser l'approche par évaluation des risques devra compléter 1) une évaluation du risque toxicologique, 2) une évaluation du risque écotoxicologique (ÉRE), ainsi que 3) une évaluation des impacts sur l'eau souterraine et l'eau de surface. La figure 3.1 présente le cheminement d'intervention d'une approche par évaluation des risques. (MDDELCC, 1998)

L'évaluation du risque toxicologique s'intéresse aux effets possibles d'une contamination sur la santé humaine, c'est-à-dire aux « risques associés à l'exposition d'un individu ou d'une population cible à des contaminants présents dans différents milieux » (MDDELCC, 1998). En 2012, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a publié ses *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec* qui décrit la façon de réaliser une telle étude, en plus de rendre toutes les évaluations de ce type dans la province cohérentes entre elles.

Pour réaliser une évaluation du risque écotoxicologique, la Politique réfère à la *Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation des terrains contaminés* (PÉRE), qui a été développée pour répondre aux besoins de protection de l'environnement (CEAEQ, 1998). La Politique spécifie que « tout intervenant qui désire réaliser une évaluation écotoxicologique doit suivre cette procédure et [que] les évaluations réalisées doivent être validées par le [ministère de l'Environnement] » (CEAEQ, 1998, p. v). La PÉRE décrit plus en profondeur les situations possibles où une ÉRE peut être réalisée et la façon de l'accomplir.

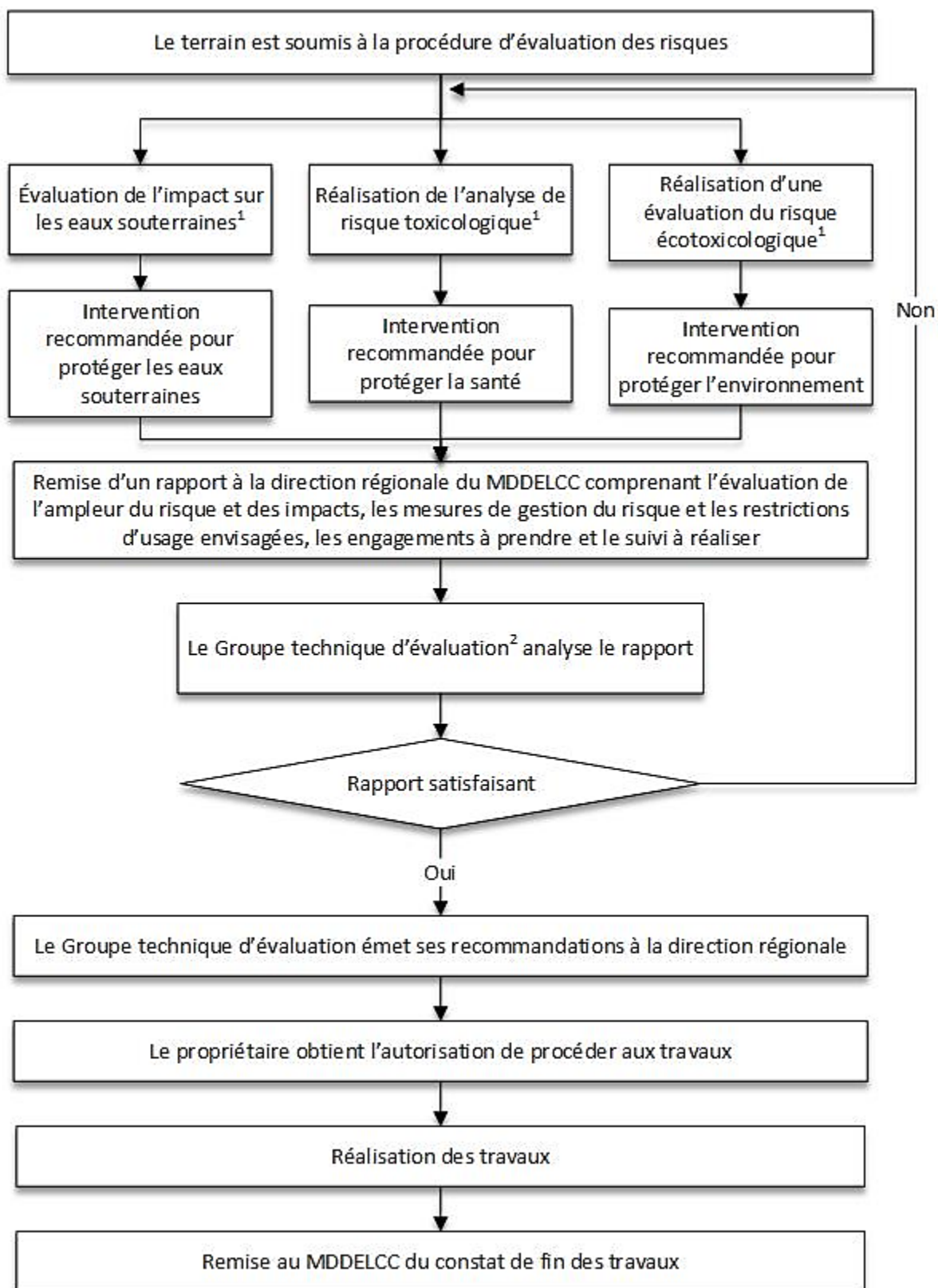


Figure 3.1 Cheminement de l'intervention à l'intérieur d'une procédure d'évaluation des risques
(adapté de : MDDELCC, 1998)

¹ Ces évaluations doivent être réalisées en respectant les procédures standardisées mises au point par le MDDELCC et le MSSS. Si nécessaire, des interactions peuvent avoir lieu entre le propriétaire du terrain et ses consultants et les équipes spécialisées du MDDELCC et du MSSS pour planifier les études et s'assurer qu'elles répondent aux attentes.

² Le Groupe d'évaluation technique comprend des membres permanents et des membres spéciaux.

Selon les objectifs poursuivis dans le contexte de la PÉRÉ, l'évaluation écotoxicologique peut être abordée de deux façons, soit :

- L'évaluation du danger écotoxicologique;
- L'évaluation du risque écotoxicologique.

L'évaluation du danger écotoxicologique cherche à caractériser le potentiel de contamination d'une situation à causer un effet néfaste. On identifie alors la source de stress en utilisant une estimation du comportement de la contamination et une identification des effets toxiques de cette exposition. Les données spécifiques d'un terrain et les récepteurs susceptibles de s'y trouver ne sont pas nécessaires à cette identification, une grande différence avec son homologue, l'évaluation du risque. (CEAEQ, 1998)

L'évaluation du risque écotoxicologique a comme objectif d'estimer les possibilités ou les probabilités d'occurrences d'effets néfastes chez un récepteur biologique vivant dans un écosystème spécifique étudié (CEAEQ, 1998). Les contaminants potentiellement préoccupants et les récepteurs biologiques sont sélectionnés en fonction du terrain à l'étude. Une modélisation de l'exposition de chacun des récepteurs aux différents contaminants est ensuite réalisée. Pour ce faire, des données très précises telles que la diète, les voies d'absorption possibles, le domaine vital, la répartition géographique du récepteur ciblé, et plus encore, sont utilisées (CEAEQ, 2010a et 2010b). Le risque est alors estimé en utilisant la méthode du quotient, soit en comparant la valeur de l'exposition estimée à la valeur de référence (CEAEQ, 1998). Cette valeur de référence est définie comme la concentration au-dessus de laquelle un effet est anticipé.

Une évaluation du risque radiotoxique peut également être réalisée. Celle-ci est complémentaire à l'ÉRÉ et vise à évaluer les risques issus de la toxicité des rayonnements ionisants émis par des radionucléides, comme dans le cas des mines d'uranium et des mines de terres rares (CEAEQ, 2015).

3.2 La procédure d'évaluation du risque écotoxicologique

Lorsque le terrain à l'étude est soumis à la procédure de l'ÉRÉ, une caractérisation des sols doit être réalisée pour identifier les contaminants présents sur le site et pour déterminer si ceux-ci excèdent les critères des sols établis (annexe 3). Dans le cas où des contaminants sont trouvés sur le terrain, en concentrations excessives pour un usage donné, et que le promoteur souhaite laisser en place une partie de ces sols, une ÉRÉ préliminaire doit être réalisée. Son objectif est de déterminer si la présence de contaminants dans les sols du terrain peut entraîner (CEAEQ, sous presse c) :

- 1) Une diminution de la capacité du sol à soutenir un écosystème terrestre sur le terrain ou dans ses environs; et/ou,
- 2) Une diminution de la survie et de la reproduction des espèces animales qui sont directement ou indirectement en contact avec les contaminants.

Pour ce faire, chaque ÉRÉ doit minimalement comprendre (CEAEQ, sous presse c) :

- Une description générale du site à l'étude;
- Les principaux récepteurs écologiques et leurs voies d'exposition;
- Le modèle conceptuel;
- Les substances d'intérêt retenues et leurs mécanismes de transport dans l'environnement;
- La méthode d'évaluation et d'estimation des risques;
- Une discussion sur l'incertitude de l'analyse.

La description du site permet d'identifier son utilisation et ses composantes (couvert végétal, eau de surface, faune, habitat sensible, espèce à statut particulier, etc.) (CEAEQ, sous presse c). Bien cerner dans quel type d'écosystème se trouve le terrain à l'étude permettra de déterminer le danger relié au site, en plus de se faire une idée claire sur la problématique rencontrée à cet endroit. Cela permet également d'identifier les récepteurs écologiques pouvant être retrouvés sur le site à l'étude et de s'assurer qu'ils ont tous été considérés, et ce, afin de pouvoir établir un modèle conceptuel représentatif de la zone à l'étude.

C'est à l'étape du modèle conceptuel que l'identification des mécanismes de transport des contaminants est réalisée, par exemple : l'érosion éolienne, la volatilisation, le ruissellement de surface et la bioconcentration. Les récepteurs écologiques identifiés seront incorporés dans le modèle en prenant en considération ces modes de transport et de quelles façons les contaminants pourraient les affecter. Le modèle conceptuel, qui permet de déterminer les interactions entre les milieux abiotique et biotique, peut être présenté à l'aide d'un schéma plus ou moins élaboré (CEAEQ, 1998). La figure 3.2 présente un exemple de modèle conceptuel détaillé où l'on peut voir les différents récepteurs qui pourraient être affectés selon les mécanismes de dispersion des contaminants d'intérêt. Selon la complexité de l'écosystème et des types de contaminants trouvés sur le site à l'étude, le modèle conceptuel devra identifier toutes les voies d'exposition possibles pour tous les récepteurs écologiques déterminés.

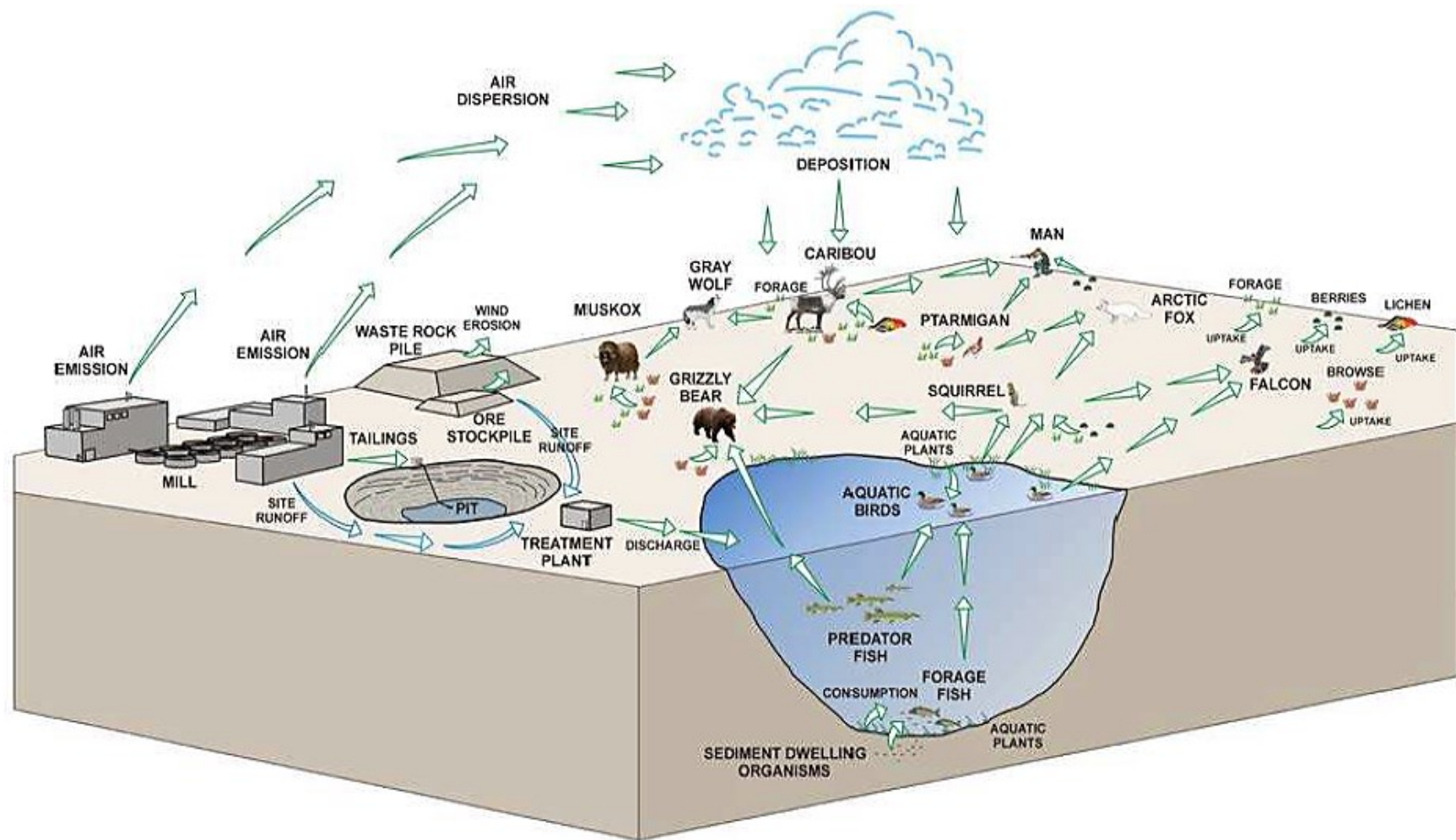


Figure 3.2 Exemple de modèle conceptuel réalisé dans le cadre d'un projet minier (tiré de : Areva, 2011, p. 1-6)

Le tableau 3.1 présente des voies d'exposition à retenir, selon le type de récepteur identifié (CEAEQ, 1998 et sous presse c). Par exemple, un oiseau herbivore, au moment de brouter la végétation (parties aériennes et racines), pourrait ingérer une quantité de sols non négligeable. Il pourrait également s'abreuver dans une flaque d'eau se trouvant sur le terrain et dans laquelle des contaminants se seraient solubilisés. Un mammifère terrestre carnivore, quant à lui, en plus d'être exposé aux contaminants dans l'air, pourrait en ingérer via de petits mammifères et oiseaux qui auraient été antérieurement exposés. Ainsi, dans le cas de contaminant se bioaccumulant, une bioamplification pourrait l'affecter.

Tableau 3.1 Voies d'exposition considérées pour des récepteurs (adapté de : CEAEQ, sous presse c)

RÉCEPTEUR	EX. D'ESPÈCE À RETENIR	VOIES D'EXPOSITION
Flore microbienne du sol	-	Contact direct
Plantes terrestres	-	Contact direct
Invertébrés du sol	-	Contact direct
Oiseaux granivores	Bruant des prés (<i>Passerculus sandwichensis</i>)	Inhalation Ingestion de plantes terrestres, d'invertébrés, de sol et d'eau
Oiseaux omnivores	Merle d'Amérique (<i>Turdus migratorius</i>)	Inhalation Ingestion de plantes terrestres, d'invertébrés, de sol et d'eau
Oiseaux herbivores	Bernache du Canada (<i>Branta canadensis</i>)	Inhalation Ingestion de plantes terrestres, de racines, de sol et d'eau
Oiseaux prédateurs	Buse à queue rousse (<i>Buteo jamaicensis</i>)	Inhalation Ingestion d'invertébrés, de petits mammifères, de sol et d'eau
Oiseaux prédateurs de niveau trophique supérieur	Grand-duc d'Amérique (<i>Bubo virginianus</i>)	Inhalation Ingestion de petits mammifères, de sol et d'eau
Petits mammifères terrestres herbivores	Campagnol des champs (<i>Microtus pennsylvanicus</i>)	Inhalation Ingestion de plantes terrestres, de racines, d'invertébrés, de sol et d'eau
Petits mammifères terrestres insectivores	Grande musaraigne (<i>Blarina brevicauda</i>)	Inhalation Ingestion de plantes terrestres, de racines, d'invertébrés, de petits mammifères, de sol et d'eau
Mammifères terrestres omnivores	Raton laveur (<i>Procyon lotor</i>)	Inhalation Ingestion de plantes terrestres, d'invertébrés, de petits mammifères, d'oiseaux, de sol et d'eau
Mammifères terrestres carnivores	Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>)	Inhalation Ingestion de petits mammifères, d'oiseaux, de sol et d'eau
Grands mammifères terrestres herbivores	Orignal (<i>Alces alces</i>)	Inhalation Ingestion de plantes terrestres, de sol et d'eau

Pour évaluer les risques écotoxicologiques, une estimation des risques s'ensuit, pour chaque groupe de récepteurs écologiques selon chacun des contaminants identifié préalablement. Selon le type de contaminant, le mode de transport et le récepteur potentiellement affecté, des équations précises issues de la littérature sont utilisées pour calculer le risque de perturbation. (CEAEQ, 1998, 2012 et sous presse c)

Pour les oiseaux et les mammifères, une dose d'exposition totale est calculée pour chaque contaminant. Il s'agit de la somme de toutes les doses d'exposition potentielles pour un même contaminant, en tenant compte de la portion d'aire du terrain utilisée par l'espèce et de sa présence dans le temps. Une dose d'exposition totale, qui prend en compte tous les types d'ingestion d'un contaminant, se calcule comme suit (CEAEQ, sous presse c) :

$$D_{total} = (D_{inh} + D_{ingv} + D_{ingp} + D_{ingm} + D_{ings} + D_{inge}) \times PA \times PT$$

où,

- D_{total} : dose d'exposition totale au contaminant (mg/kg/j)
- D_{inh} : dose d'exposition au contaminant par inhalation (mg/kg/j)
- D_{ingv} : dose d'exposition au contaminant par ingestion d'invertébrés terrestres (mg/kg/j)
- D_{ingp} : dose d'exposition au contaminant par ingestion de plantes (mg/kg/j)
- D_{ingm} : dose d'exposition au contaminant par ingestion de petits mammifères (mg/kg/j)
- D_{ings} : dose d'exposition au contaminant par ingestion de sol (mg/kg/j)
- D_{inge} : dose d'exposition au contaminant par ingestion d'eau de surface (mg/kg/j)
- PA : proportion de l'aire utilisée par l'espèce qui se trouve sur le site à l'étude (fraction)
- PT : proportion du temps où l'espèce est présente sur le site

Chaque dose est établie en fonction du taux d'ingestion, propre au récepteur, et de la concentration du contaminant dans le médium, propre au terrain (CEAEQ, sous presse c). Les doses totales calculées sont ensuite comparées à des valeurs de références.

Pour la flore microbienne, les plantes et les invertébrés terrestres, le risque est estimé en comparant les concentrations mesurées dans le sol aux valeurs de référence disponibles pour chaque contaminant retenu. Celles-ci permettent d'établir si le niveau de réponse est considéré comme acceptable. (CEAEQ, 1998, 2012 et sous presse c)

Dans le cas des organismes supérieurs (oiseaux et mammifères), il s'agit plutôt de comparer les doses d'exposition aux valeurs de référence appropriées, toutes présentées en doses équivalentes pour une souris

commune. Pour déterminer s'il y a présence d'un risque significatif, la méthode du quotient est utilisée (CEAEQ, 1998) :

$$RE = \sum_{i,j=1}^n (EE_{ij} / VTR_{ij})$$

où,

RE : risque estimé

EE_{ij} : exposition estimée (dose, concentration, niveau d'effet) pour le contaminant i et la voie d'exposition j

VTR_{ij} : valeur toxicologique de référence (dose, concentration, niveau d'effet) pour le contaminant i et la voie d'exposition j

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) correspondent au niveau de réponse tolérable pour le récepteur (CEAEQ, 2012). Les VTR développées pour les organismes supérieurs sont basées sur la dose la plus faible ayant un effet à la suite d'une revue de littérature. Dans le cas des végétaux et des invertébrés, elles représentent plutôt la moyenne géométrique des distributions observées dans la littérature, étant donné le plus grand nombre d'espèces et leur sensibilité différente à l'égard des contaminants. Pour les ÉRÉ réalisées au Québec, les VTR établies par le CEAEQ doivent être utilisées si elles sont disponibles. En absence de VTR appropriée, un intervenant pourrait choisir d'utiliser les VTR d'autres juridictions ou de les déterminer lui-même en s'appuyant sur la littérature. (Paquet, 2016)

En se fiant aux valeurs établies par le CEAEQ, pour les cinq groupes de récepteurs ciblés dans les évaluations de risques écotoxicologiques (microorganismes, végétaux, invertébrés du sol, oiseaux et mammifères), trois niveaux de VTR sont disponibles :

- N1 : VTR pour les milieux critiques ou sensibles pour la biodiversité (tourbière, marais, marécage, forêt mature, etc.), les aires protégées (parc naturel, réserve écologique, habitat et refuge faunique, etc.) et pour protéger les espèces à statut particulier ainsi que leurs habitats;
- N2 : VTR pour les usages résidentiel, récréatif et institutionnel;
- N3 : VTR pour les usages commercial et industriel.

Selon le niveau approprié pour le terrain à l'étude, les VTR utilisées dans l'équation de la méthode du quotient auront une grande influence sur la signification du risque calculé. C'est-à-dire qu'en choisissant un niveau de protection élevé dans le but de protéger les milieux sensibles (N1), le risque sera nécessairement plus élevé que pour un niveau de protection moindre (N3). Il est donc important de déterminer le niveau qui s'applique au terrain à l'étude selon son usage.

Un risque estimé égal ou inférieur à 1 indique une absence de risque significatif. S'il est supérieur à l'unité, ceci signifie qu'il y a un potentiel de risque, qui s'amplifie à mesure que l'indice augmente (Paquet 2016). L'ensemble des équations nécessaires pour calculer ce risque pourra être consultée prochainement dans le document *Lignes directrices pour la réalisation d'une évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation de terrains contaminés* (CEAEQ, sous presse c).

La discussion sur l'incertitude de l'analyse suit pour faire une interprétation juste du risque établi. L'incertitude est établie en fonction des techniques et moyens utilisés pour faire les estimations ainsi que des éléments incertains comme les connaissances limitées de l'écosystème à l'étude, les modèles et voies d'exposition choisis, le potentiel d'interaction, les prémisses utilisées pour les calculs, etc. (CEAEQ, 1998)

Des recommandations sont finalement proposées pour la suite de l'évaluation préliminaire. C'est-à-dire qu'il faut mentionner si une ÉRÉ quantitative, qui établira des critères de restauration spécifiques, est nécessaire. L'ÉRÉ quantitative portera sur les récepteurs, les contaminants et les conditions d'exposition problématiques. Elle permet de calculer la « probabilité qu'un effet néfaste puisse affecter un récepteur spécifique. » (CEAEQ, 1998)

Précisons que l'évaluation du risque pour un site donné doit être réalisée autant dans son état actuel, sans intervention, qu'à la suite des travaux de réhabilitation prévus, pour permettre de retenir l'approche la plus souhaitable pour l'écosystème (CEAEQ, sous presse c). Plusieurs types d'intervention peuvent être examinés comme : de ne pas réhabiliter le site, de le réhabiliter au critère d'usage, d'en réhabiliter seulement des secteurs ciblés ou de le réhabiliter à un critère déterminé par évaluation du risque. L'approche retenue doit ensuite être clairement identifiée.

4 ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR L'ADAPTATION DE L'ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE AU NORD QUÉBÉCOIS

Plusieurs aspects de la PÉRE actuellement utilisée au Québec méridional ne s'appliquent pas au Nord québécois ni aux activités qui y seront développées. Une utilisation de cette procédure pour ce territoire spécifique serait ainsi difficile dans les conditions actuelles. Cette section établit les déficits, dans sa forme actuelle, de la procédure utilisée pour réaliser une ÉRE et propose des recommandations adéquates et réalistes pour l'adapter au milieu nordique.

4.1 Les critères

Le chapitre 1 a permis d'identifier des substances susceptibles d'être rejetées dans l'environnement lors des activités qui seront développées dans le Nord québécois. Certaines d'entre elles n'ont toutefois pas de critères génériques pour la qualité des sols (annexe 3), établis par le MDDELCC. Elles ne sont donc pas réglementées. Ainsi, les contaminants suivants n'ont pas de critère spécifique :

- L'aluminium;
- Le béryllium;
- L'uranium et ses descendants;
- Les métaux des terres rares (MTR);
- Le fer;
- Le lithium;
- Le phosphate;
- Les silicates;
- Les sulfates;
- Le vanadium; et,
- Chaque fraction des HP C₁₀-C₅₀.

Comme expliqué plus tôt, avant d'entamer une ÉRE, il faut d'abord établir la qualité des sols et vérifier s'ils dépassent les critères d'usage. Puisque certains contaminants n'apparaissent pas dans cette liste, leur gestion pourrait être difficile et différer d'un site à l'autre.

La première recommandation consiste à établir des critères de sols pour les contaminants susceptibles d'être émis avec le développement de nouvelles activités dans le Nord québécois, soit ceux identifiés précédemment.

Le gouvernement fédéral a récemment créé une base de données de critères pour la gestion des terrains contaminés dans le cadre de son Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASCf). Habituellement, le gouvernement fédéral suit les recommandations du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). Par contre, celles-ci ne sont pas disponibles pour tous les contaminants, d'où la nécessité de se baser sur des critères utilisés par d'autres compétences ou juridictions. (M. Cormier, courriel, 8 juin 2016)

Ainsi, en l'absence de critères du MDDELCC, l'utilisation des critères d'autres juridictions est recommandée, à condition que ceux retenus offrent les mêmes niveaux de protection pour les récepteurs écologiques que ceux de la province. L'application de cette recommandation pourrait permettre de gérer certains sites comprenant ce type de contaminant, jusqu'à ce que le MDDELCC établisse ses propres critères.

En consultant la base de données développée pour le PASCf, des critères d'autres juridictions sont disponibles pour (annexe 9) :

- L'aluminium : deux critères sont disponibles, soit 50 mg/kg pour minimiser les effets phytotoxiques sur le biote végétal et 600 mg/kg pour minimiser les processus microbiens, établis par le ministère de l'environnement des États-Unis (DOE). Ces critères ne peuvent cependant pas être recommandés pour une utilisation au Québec puisqu'ils sont largement inférieurs aux teneurs naturelles retrouvées dans ses sols. En effet, celles-ci varient de 5 000 à 45 000 mg/kg, dépendamment des régions (Choinière et Beaumier, 1997);
- Le béryllium : le CCME a établi un critère à 4 mg/kg pour un usage résidentiel/parc. Celui-ci correspond à la plus faible valeur de protection entre la protection des organismes en contact direct, de la vie aquatique contre l'exposition aux eaux souterraines, des consommateurs tertiaires ou de la santé humaine. Ce même critère a également été retenu par le ministère de l'environnement de l'Ontario (MOE) pour protéger la santé humaine, les plantes, les organismes vivants dans le sol, les mammifères, les oiseaux, ainsi que pour prévenir les effets du lessivage vers les eaux souterraines et de la migration dans l'air;
- Le fer : un critère a été établi à 200 mg/kg par le DOE pour minimiser les effets possibles sur les processus microbiens. Par contre, les teneurs naturelles dans les sols du Québec en fer varient de 1 400 à 250 000 mg/kg, très en deçà du critère proposé (Choinière et Beaumier, 1997). Il est ainsi impossible de le recommander pour son application sur le territoire québécois;
- Le lanthane, un des MTR : le DOE a établi un critère à 50 mg/kg dans le but de minimiser les impacts potentiels sur les invertébrés du sol, les processus microbiens et les plantes terrestres. Ce

critère n'englobe cependant pas la protection des oiseaux et des mammifères, organismes susceptibles d'être affectés par les projets de développement nordique;

- Le lithium : un critère a été établi par le DOE à 2 mg/kg pour les plantes et à 10 mg/kg pour les microorganismes. Il n'existe cependant aucun critère qui vise la protection de l'écosystème;
- L'uranium : le CCME a établi un critère à 23 mg/kg pour un usage résidentiel/parc. Il a également été retenu par le MOE pour les mêmes objectifs de protection que le béryllium;
- Le vanadium : un critère de 130 mg/kg a été déterminé par le CCME pour protéger les fonctions de l'écosystème. Il est toutefois intéressant de noter que le MOE a établi un critère à 86 mg/kg pour les sols de surfaces plus susceptibles d'entrer en contact avec différents récepteurs et qui les protègent notamment du lessivage vers les eaux souterraines et la migration dans l'air. Ce deuxième critère plus conservateur et qui semble plus applicable aux écosystèmes nordiques serait ainsi à prioriser.

En choisissant d'utiliser des critères d'autres juridictions en l'absence de critères du MDDELCC, il sera possible de maximiser les efforts de recherches pour les MTR et le lithium, où les critères disponibles ne tiennent pas compte de l'ensemble des récepteurs. De plus, ces substances sont potentiellement plus toxiques et problématiques que le phosphate, les silicates et les sulfates.

4.2 Les valeurs de références

Les valeurs de références ont été développées par le CEAEQ, spécifiquement pour les évaluations des risques écotoxicologiques. C'est avec ces valeurs que la méthode du quotient, pour établir si un risque est significatif ou non, peut être appliquée.

Comme pour les critères génériques, certains contaminants n'ont pas de valeurs de références établies, ce qui ne permet pas d'évaluer leur risque. Dans ce cas, l'intervenant peut se référer à d'autres juridictions dans le cadre desquelles des valeurs de référence ont été développées. Par contre, bien que d'autres juridictions puissent être consultées, celles-ci ne présentent pas nécessairement des valeurs qui pourraient être utilisées dans le cadre du développement du Nord québécois.

Le document *Valeurs de référence pour les récepteurs terrestres* (CEAEQ, 2012) détaille la méthode d'établissement des valeurs de référence recommandées par le MDDELCC. L'utilisation de cette même méthode pourrait servir à établir les valeurs de référence pour les contaminants en territoire nordique. Le

tableau 4.1 liste les contaminants pour lesquels des valeurs de référence ont été établies selon les classes de récepteurs.

Tableau 4.1 Contaminants pour lesquels des valeurs de référence (validées et intérimaires) sont disponibles selon la classe de récepteur et les niveaux de sensibilité (CEAEQ, 2012)

RÉCEPTEUR	CONTAMINANT	NIVEAU
Microorganismes	○ Ag, As, Cd, Cr total, Cr trivalent, Cu, Sn, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn	N2, N3
Végétaux	○ As, Cd, Cr total , Cr hexavalent, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn ○ Toluène ○ Pentachlorophénol ○ Naphtalène ○ BPC – Somme des congénères ○ Phtalate de dibutyle	N1, N2, N3
Invertébrés du sol	○ As, Cd, Cr total , Cr hexavalent, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn ○ Chlorobenzène (mono), Dichloro-1,4 benzène, Toluène ○ Dichloro-1,2 propane ○ Nitro-4 phénol, Phénol ○ Chlorophénol (-2, -3, ou -4), Dichloro-3,4 phénol, Pentachlorophénol , Tétrachloro-2,3,4,5 phénol, Trichloro-2,4,5 phénol, Trichloro-2,4,6 phénol ○ Fluorène, Naphtalène ○ Pentachlorobenzène, Tétrachloro-1,2,3,4 benzène, Trichloro-1,2,3 benzène, Trichloro-1,2,4 benzène ○ BPC – Somme des congénères ○ Phtalate diméthyle	N2, N3
Oiseaux	○ As, Ba, Cd , Cr total, Cr trivalent, Co, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb, Se, Zn ○ Fluorure disponible ○ Toluène ○ Dichloro-1,2 éthane ○ Pentachlorophénol ○ Arochlor 1242, BPC – Somme des congénères ○ Dioxines et furanes totales	N1, N2, N3
Mammifères	○ As, Ba, Cd , Cr total, Cr hexavalent, Cr trivalent, Co, Cu, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn ○ Cyanure total, Fluorure disponible ○ Xylènes totaux ○ Chloroforme, Dichloro-1,2 éthane, Dichlorométhane, Tétrachloroéthène, Tétrachlorure de carbone, Trichloro-1,1,1 éthane ○ Crésol (ortho, méta, para) ○ Pentachlorophénol ○ Benzo(a)pyrène ○ Arochlor 1016, Arochlor 1254, BPC – Somme des congénères ○ Formaldéhyde, Phtalate bis(2-éthylhexyle), Phtalate de dibutyle ○ Dioxines et furanes totales	N1, N2, N3

Caractères gras : valeur de référence validée

Caractères non gras : valeur de référence intérimaire

Ainsi, pour les microorganismes et les invertébrés du sol, des valeurs de référence ont été établies, mais seulement pour des niveaux de sensibilité N2 (usages résidentiel, récréatif et institutionnel) et N3 (usages commercial et industriel), contrairement aux végétaux, aux oiseaux et aux mammifères qui ont certaines valeurs de référence pour le niveau N1 (milieux sensibles). Notons toutefois que les valeurs disponibles pour le niveau N1 sont intérimaires. Il est également intéressant de remarquer qu'il y a plus de valeurs intérimaires disponibles pour les mammifères que pour les oiseaux. De plus, certains contaminants identifiés précédemment dans le chapitre 4.1 ne sont pas disponibles dans cette liste, comme les MTR et l'uranium.

La deuxième recommandation consiste à développer des VTR pour le plus haut niveau de sensibilité (N1) pour les métaux, les MTR, ainsi que pour les autres contaminants susceptibles d'être émis lors des nouvelles activités. En effet, puisque le milieu nordique est un habitat très sensible, le développement de valeur de premier niveau de sensibilité permettrait de protéger la faune et la flore particulière du nord, surtout en ce qui concerne les métaux liés aux activités minières.

Dans le cadre de ses mandats, le CEAEQ développe actuellement des VTR pour l'uranium et ses descendants. Ils permettront de combler certains vides, mais un travail supplémentaire sera nécessaire pour étudier les autres contaminants.

En ce qui concerne la réhabilitation de sols contaminés en HP C₁₀-C₅₀, une ÉRÉ sur ces substances n'est pas autorisée par la réglementation québécoise (CEAEQ, sous presse b). En effet, ceux-ci doivent soit être excavés et gérés dans des sites de traitement ou d'enfouissement ou encore être traités sur place ou valorisés. Par contre, dans des sites éloignés comme en milieu nordique, une telle gestion peut être coûteuse et difficile en l'absence de route. De plus, l'excavation importante de sol en milieu sensible pourrait perturber de façon importante la végétation unique de ce territoire (J. Pineault, communication lors du cours ENV 743, 7 novembre 2015). Ainsi, il est recommandé de développer des VTR pour les HP C₁₀-C₅₀, pour ces situations en particulier.

D'ici le développement de nouvelles VTR pour les substances spécifiques au Plan Nord, l'utilisation de celles d'autres juridictions est recommandée. Une révision des bases de données a permis de déterminer qu'il existe des valeurs de référence pour certains contaminants précédemment identifiés soit l'aluminium (ORNL Tox. Benchmarks : végétaux terrestres, microorganismes du sol, oiseaux, mammifères) et le béryllium (ORNL Tox. Benchmarks : végétaux terrestres et mammifères), en plus que pour certains hydrocarbures (par exemple : acénaphène, benzène, xylène) et métaux (par exemple : baryum, béryllium) (Risk Assessment Information System [RAIS], s. d.).

Pour les autres contaminants, tels que les MTR, il serait nécessaire de faire une révision de la littérature scientifique dans le but d'avoir assez d'étude pour le calcul de VTR fiables pour ces contaminants susceptibles d'être émis dans le Nord québécois.

L'utilisation d'un logiciel, tel que TerraSys™, développé par l'entreprise spécialisée Sanexen Services Environnementaux inc., pourrait permettre de développer les VTR manquantes et nécessaires à la bonne gestion des terrains contaminés nordiques. Ce logiciel a d'ailleurs déjà été utilisé pour le développement des premières VTR au début des années 2000 (CEAEQ, 2012). Évidemment, si aucune étude scientifique n'existe concernant la toxicité d'un contaminant donné, la détermination d'une VTR ne sera pas possible. (Sanexen Services Environnementaux inc., 2016 et J.-P. Trépanier, entrevue, 24 juin 2016)

4.3 Les récepteurs

En étudiant les particularités environnementales du Nord québécois, la différence de biomasse végétale liée aux conditions climatiques a permis de questionner la pertinence d'une ÉRÉ appliquée uniquement aux plantes vasculaires, comme il l'est habituellement réalisée dans le Québec méridional. En effet, cette grande différence pourrait rendre plus difficile une évaluation du risque sur la végétation et remettre en question sa crédibilité. L'utilisation d'autres espèces, comme les lichens et les mousses, permettrait d'obtenir des résultats plus adaptés à la réalité nordique. Des études plus approfondies seraient toutefois nécessaires pour déterminer la façon précise d'inclure ces espèces dans les ÉRÉ. Un effort de recherche sur les lichens du genre *Cladonia* permettrait d'inclure ces organismes puisqu'ils ont un rôle important à jouer dans la diète de certains mammifères tels que le caribou, une espèce clé dans les écosystèmes nordiques.

Certains récepteurs, généralement utilisés dans le cadre d'une ÉRÉ, n'ont pas une aire de répartition s'étendant jusqu'aux parallèles nordiques (CEAEQ, 2010a et 2010b) et ne peuvent ainsi pas être utilisés comme indicateur de risque des impacts d'activités de développement ayant lieu dans le Québec nordique.

Parmi les 28 récepteurs aviaires habituellement recommandés par le CEAEQ, 13 sont retrouvés sur une large étendue du Nord québécois. Ceux-ci incluent la bernache du Canada (*Branta canadensis*), la corneille d'Amérique (*Corvus brachyrhynchos*) et le junco ardoisé (*Junco hyemalis*) (annexe 6). Des 21 espèces de mammifères, ce nombre est restreint à 10, desquels on retrouve l'ours noir (*Ursus americanus*), l'hermine (*Mustela erminea*) et le renard roux (*Vulpes vulpes*) (annexe 7). Bien que ces espèces soient présentes sur le territoire à l'étude, il n'est pas possible d'établir leur abondance avec les informations disponibles.

La maîtrise des différentes aires de répartition des espèces d'oiseaux, ainsi que les particularités des aires de nidification, de mouvement et de résidence permettent d'évaluer correctement le risque de chaque espèce

à entrer en contact avec une source de contamination. D'autres éléments, comme le régime alimentaire, sont toutefois à prendre en considération pour en faire une évaluation la plus juste possible.

L'analyse de la diversité des régimes alimentaires des récepteurs déjà connus et retrouvés dans le Nord québécois (tableau 4.2) permet de voir qu'il n'y a qu'une seule espèce de carnivore et de piscivore aviaires représentés, tandis qu'il y a cinq espèces omnivores, deux espèces herbivores et quatre espèces insectivores. Dans le cas des mammifères, on ne retrouve qu'une seule espèce d'insectivore, de vermivore et de piscivore, alors que trois sont herbivores, deux sont carnivores et deux sont omnivores. Il faut toutefois spécifier que les régimes alimentaires de ces espèces ont été déterminés pour des conditions générales. C'est-à-dire que dans des écosystèmes où le choix des aliments est plus limité, comme dans le Québec nordique, les récepteurs écologiques pourraient restreindre leur diète à quelques éléments.

C'est par exemple le cas du renard roux, un omnivore opportuniste dont les variations du régime alimentaire peuvent être liées à l'utilisation différente des milieux au courant des saisons. En effet, il privilégiera des peuplements résineux en hiver et des milieux plus ouverts en été, où les ressources en nourriture différeront. Ainsi, son alimentation repose sur la chair de vertébrés en hiver alors qu'en été, les invertébrés et les fruits complètent sa diète. Il se nourrit également d'une multitude de vertébrés qui n'ont pas nécessairement une aire de répartition étendue jusque dans la péninsule d'Ungava, comme les taupes. Ainsi, bien qu'il ait l'habitude de se nourrir de taupes, de musaraignes, de souris, de campagnol, de lièvres, de marmottes, d'écureuils, de rats musqués et de divers oiseaux, sa diète évoluera selon le territoire qu'il occupe. De plus, puisque les conditions climatiques du Nord québécois restreignent la présence d'invertébrés et de plantes, la proportion de proies animales qui compose son régime alimentaire pourrait être plus élevée que s'il résidait plus au sud. (CEAEQ, 2010e)

Il faut aussi noter que parmi les récepteurs terrestres, il n'y a aucun grand mammifère herbivore représenté ni de grand mammifère carnivore. De plus, seulement cinq des récepteurs aviaires (deux herbivores, deux omnivores et un insectivore) et trois mammifères (un carnivore, un piscivore et un omnivore) ont une aire de répartition qui s'étend jusqu'à la péninsule d'Ungava ou qui y ont été observés. Il faut toutefois noter que le junco ardoisé, un insectivore, base probablement son alimentation sur d'autres ressources en territoire nordique comme des graines et des petits fruits, puisque cette ressource n'est pas aussi abondante que dans le Québec méridional (CEAEQ, 2010f).

Tableau 4.2 Diversité des régimes alimentaires des récepteurs recommandés par le CEAEQ et présents dans le Nord québécois (CEAEQ, 2010a et 2010b)

RÉCEPTEUR	RÉGIME ALIMENTAIRE
Oiseaux	
Bernache du Canada (<i>Branta canadensis</i>)*	Herbivore
Bruant à gorge blanche (<i>Zonotrichia albicollis</i>)	Omnivore
Bruant des prés (<i>Passerculus sandwichensis</i>)*	Omnivore
Buse à queue rousse (<i>Buteo jamaicensis</i>)	Carnivore
Corneille d'Amérique (<i>Corvus brachyrhynchos</i>)	Omnivore
Étourneau sansonnet (<i>Sturnus vulgaris</i>)	Omnivore
Fuligule à collier (<i>Aythya collaris</i>)	Insectivore
Junco ardoisé (<i>Junco hyemalis</i>)*	Insectivore
Martin-pêcheur d'Amérique (<i>Megasceryle alcyon</i>)	Piscivore
Merle d'Amérique (<i>Turdus migratorius</i>)*	Omnivore
Pic flamboyant (<i>Colaptes auratus</i>)	Insectivore
Pluvier kildir (<i>Charadrius vociferus</i>)	Insectivore
Sarcelle d'hiver (<i>Anas crecca</i>)*	Herbivore ¹
Mammifères	
Campagnol des champs (<i>Microtus pennsylvanicus</i>)	Herbivore
Condylure étoilé (<i>Condylura cristata</i>)	Vermivore
Hermine (<i>Mustela erminea</i>)*	Carnivore
Loutre de rivière (<i>Lontra canadensis</i>)*	Piscivore
Marmotte commune (<i>Marmota monax</i>)	Herbivore
Musaraigne cendrée (<i>Sorex cinereus</i>)	Insectivore
Ours noir (<i>Ursus americanus</i>)	Omnivore
Rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i>)	Herbivore
Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>)*	Omnivore
Vison d'Amérique (<i>Mustela vison</i>)	Carnivore

*espèce ayant une aire de répartition s'étendant jusque dans la région de la péninsule d'Ungava ou y ayant été observée

¹cette espèce se nourrit de plantes aquatiques

Pour pouvoir utiliser un récepteur choisi dans le cadre d'une ÉRE, les informations essentielles à connaître sont (N. Paquet, courriel, 14 janvier 2016) :

- Le régime alimentaire (type d'aliments et proportions du régime alimentaire, selon la saison);
- La guildes alimentaire (carnivore, herbivore, omnivore);
- Le comportement d'alimentation (chasse, broutage, etc.);
- Le taux d'ingestion de sols et/ou de sédiments;
- Le taux d'ingestion d'eau;
- Le taux d'inhalation d'air (si disponible);
- Le taux d'ingestion d'aliments (si disponible);
- Le poids corporel;
- Le taux métabolique;
- L'étendue du domaine vital;
- Le type d'habitat (forêt, champ, cours d'eau, etc.);
- La proportion du temps où l'espèce est présente à chaque latitude (migration, hibernation).

Ces informations, absentes, et pourtant essentielles pour établir le risque écotoxicologique associé à un terrain à l'étude dans le Nord québécois, devraient être établies pour des espèces d'intérêt. Certaines de ces informations permettront d'établir si le récepteur pourrait se trouver sur le site à l'étude, et d'autres, pour effectuer les calculs pour établir l'indice de risque. Parmi les espèces d'oiseaux typiquement nordiques, comme l'eider à duvet (*Somateria mollissima*) et le lagopède alpin (*Lagopus mutus*), et les mammifères, comme le lièvre arctique (*Lepus arcticus*) et le renard arctique (*Vulpes lagopus*), peu d'informations spécifiques sont connues.

Puisque ce type d'information demande des efforts de recherche, une première identification des récepteurs représentatifs du Nord québécois doit être réalisée. Cette première étape permettra de cibler les efforts de recherche et de s'assurer qu'ils sont justifiés. Les espèces choisies devront représenter : les principaux groupes taxonomiques, une variété de régimes alimentaires, une diversité d'habitats nordiques, un éventail de tailles corporelles, une grande répartition géographique à travers le Nord québécois et un intérêt reconnu (espèces rares, ayant un statut particulier ou une valeur économique ou sociale, etc.) (CEAEQ, 1999a et 1999b).

La troisième recommandation consiste ainsi à prioriser des récepteurs représentatifs du Nord québécois et qui pourraient être utilisés pour évaluer les risques écotoxicologiques. Dans le cadre de cet essai, les espèces sur lesquelles un effort de recherche devrait être apporté sont :

- Le caribou migrateur (*Rangifer tarandus*) : espèce emblématique du Québec et du Canada, un grand mammifère herbivore;
- Le lièvre arctique (*Lepus arcticus*) : un petit mammifère herbivore ayant une aire de résidence s'étendant jusque dans la péninsule d'Ungava (tableau 2.6);
- Le loup gris (*Canis lupus*) : un grand carnivore présent au nord du 49^e parallèle (tableau 2.6);
- Le balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*) : un oiseau piscivore observé jusque dans la péninsule d'Ungava (annexe 6);
- Le faucon gerfaut (*Falco rusticolus*) : un oiseau carnivore, résident typique de la péninsule d'Ungava (tableau 2.4).

Des efforts de recherches pourraient également être portés sur :

- L'eider à duvet (*Somateria mollissima*) : un oiseau marin se nourrissant de mollusques et de crustacés (Fédération canadienne de la faune, 2005b), qui pourrait être utilisé pour évaluer le risque écotoxicologique sur des terrains côtiers nordiques;
- Le lagopède alpin (*Lagopus muta*) : un oiseau herbivore terrestre et un résident permanent de la région de la péninsule d'Ungava contrairement à la bernache du Canada qui ne fait qu'y nicher (tableau 2.4).

L'annexe 10 présente des fiches qui compilent les informations essentielles pour utiliser le caribou migrateur et le lièvre arctique comme récepteurs nordiques. Par contre, certaines informations clés, comme les taux d'ingestion de sol et d'aliment, n'ont pas été trouvées dans la littérature et ont donc été estimées à partir du poids du récepteur et de sa guildes alimentaire principale. Ainsi, jusqu'à la publication des données adéquates dans la littérature, ces valeurs estimées pourraient être utilisées.

5 EXEMPLE D'APPLICATION DES RECOMMANDATIONS POUR L'ADAPTATION DE L'ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE AU NORD QUÉBÉCOIS

Pour vérifier la pertinence des éléments proposés dans les recommandations, un bref exemple d'application élaboré dans le cadre de cet essai est présenté dans ce dernier chapitre. La méthodologie de l'ÉRE y sera appliquée, telle que décrite au chapitre 3.2.

Précisons que cet exemple d'application est purement théorique et que le scénario retenu est hypothétique. Les risques écotoxicologiques associés aux substances relâchées par une mine dépendront fortement des conditions environnementales (comme l'orientation des vents) ainsi que des conditions d'exploitation de la mine (par exemple la gestion des haldes de stériles et de résidus miniers, ainsi que des poussières). Par conséquent, les informations présentées dans cette étude de cas sont fournies à titre indicatif. Elles ne correspondent à aucun cas concret.

5.1 Description de la problématique

Une minière veut explorer les ressources en terres rares se trouvant sur sa propriété. Leur lot se trouve à proximité d'un site de chasse traditionnel utilisé par les autochtones, d'une superficie d'environ 50 km². Ceux-ci s'inquiètent donc des effets potentiels des contaminants relâchés par la mine sur les organismes herbivores fréquentant ce site. Afin d'obtenir les autorisations nécessaires à la réalisation de son projet, il est demandé à la minière d'évaluer le risque pour les récepteurs potentiels chassés sur ce site.

5.2 Description sommaire de la contamination

Dans les résidus de la mine, la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95 % (LSIC95%) en lanthane des échantillons prélevés sur le site s'élève à 331,5 mg/kg. Un seul critère est disponible pour cette substance (annexe 9) et est établi à 50 mg/kg. La concentration en uranium mesurée est pour sa part de 170 mg/kg. Le critère retenu pour ce radionucléide est de 23 mg/kg (critère du CCME, annexe 9). En ce qui concerne les autres métaux, les concentrations mesurées sont présentées au tableau 5.1.

Les contaminants qui excèdent le bruit de fond ont été retenus dans le cadre de cette ÉRE. Les contaminants retenus sont donc :

- Le lanthane, comme représentant des MTR;
- L'uranium, comme représentant des radionucléides;
- L'arsenic, le baryum, le sélénium et le zinc, comme représentants des métaux associés aux mines de terres rares.

Tableau 5.1 Concentrations en métaux mesurées sur le site à l'étude

Substance	CRITÈRES DE SOL mg/kg de matière sèche (ppm)			LSIC95% de la concentration mesurée dans les résidus miniers (mg/kg)
	A	B	C	
Argent (Ag)	2	20	40	≤ 0,8
Arsenic (As)	6	30	50	25
Baryum (Ba)	200	500	2 000	2 500
Cadmium (Cd)	1,5	5	20	≤ 0,5
Cobalt (Co)	15	50	300	10
Chrome total (Cr)	85	250	800	30
Cuivre (Cu)	40	100	500	38
Étain (Sn)	5	50	300	≤ 4
Mercure (Hg)	0,2	2	10	≤ 0,02
Molybdène (Mo)	2	10	40	2
Nickel (Ni)	50	100	500	21
Plomb (Pb)	50	500	1 000	45
Sélénium (Se)	1	3	10	25
Zinc (Zn)	110	500	1 500	900

En caractère gras : concentration qui excède le bruit de fond (critère A)

5.3 Modèle conceptuel

Les interactions entre le milieu abiotique et les composantes biologiques du site doivent être résumées dans un modèle conceptuel. Celui-ci permet de présenter les subtilités du cas à l'étude.

5.3.1 Scénario d'exposition retenu pour la faune et la flore

Par conservatisme, la modélisation de la présente analyse a été effectuée en considérant que l'ensemble des sols du site minier sont à nu.

5.3.2 Mécanismes de transport

Les divers contaminants retrouvés sur le site à l'étude peuvent se transporter de différentes façons, soit par :

- Mise en suspension des particules de sol;
- Volatilisation à partir du sol;

- Ruissellement et écoulement à travers les sols de surface;
- Bioconcentration.

5.3.3 Récepteurs écologiques et voies d'exposition

Certains récepteurs d'intérêt pourraient être affectés par les teneurs des contaminants présents sur le terrain. Les récepteurs potentiels retenus, ainsi que leurs différentes voies d'exposition, sont présentés au tableau 5.2.

Tableau 5.2 Récepteurs retenus et leurs voies d'exposition (adapté de : CEAEQ, sous presse c)

RÉCEPTEURS	VOIES D'EXPOSITION
Flore microbienne du sol	Contact direct
Plantes terrestres	Contact direct
Invertébrés en contact avec le sol	Contact direct
Caribou migrateur	Inhalation Ingestion de plantes terrestres Ingestion de sol Ingestion d'eau
Lièvre arctique	Inhalation Ingestion de plantes terrestres Ingestion de sol Ingestion d'eau
Bernache du Canada	Inhalation Ingestion de plantes terrestres Ingestion de sol Ingestion d'eau

Pour les invertébrés et les plantes terrestres, seul le contact direct est retenu. Le contact direct réfère au lien étroit entre le récepteur et le compartiment environnemental considéré (sols), toutes voies confondues, sans discerner les phases où se trouvent les contaminants ni les voies d'exposition précises. Par exemple, les vers de terre sont exposés aux phases solides et liquides du sol par contact direct. (CEAEQ, 1998)

La bernache du Canada (*Branta canadensis*), une espèce qui se nourrit principalement par le broutage de plantes terrestres, est retenue pour représenter les espèces aviennes herbivores. Malgré l'association de cette espèce avec les milieux aquatiques, son mode d'alimentation fait en sorte qu'elle est principalement exposée via les sols et est donc classée ici avec les récepteurs terrestres. Le contact dermique est considéré

négligeable chez cette espèce, car la présence de plumes limite considérablement le contact avec le sol. (Sample et al., 1997)

Le lièvre arctique (*Lepus arcticus*) habite la toundra, au-delà de la limite des arbres et a été retenu pour représenter les petits mammifères herbivores (MFFP, 2016f). Il fait également partie des petits gibiers chassés ce qui en fait un récepteur de choix pour évaluer le risque que courent les prises des chasseurs utilisant le terrain à l'étude. Le contact dermique est considéré négligeable chez cette espèce, car la présence de fourrure limite considérablement le contact avec le sol.

Le caribou migrateur (*Rangifer tarandus*) est un grand herbivore, choisi pour représenter les grands mammifères herbivores du Nord québécois. Bien qu'on puisse chasser le troupeau de la rivière aux Feuilles, il est interdit de chasser les individus du troupeau de la rivière George (MFFP, 2016g). Le caribou est également une espèce qui revêt une importance culturelle pour les Québécois dont les Premières Nations (Caribou Ungava, s. d.). Comme dans le cas du lièvre arctique, le contact dermique est considéré négligeable.

5.3.4 Synthèse du modèle conceptuel

La figure 5.1 présente le modèle conceptuel schématisé et permet de visualiser les interactions possibles entre les substances d'intérêts et les récepteurs sélectionnés.

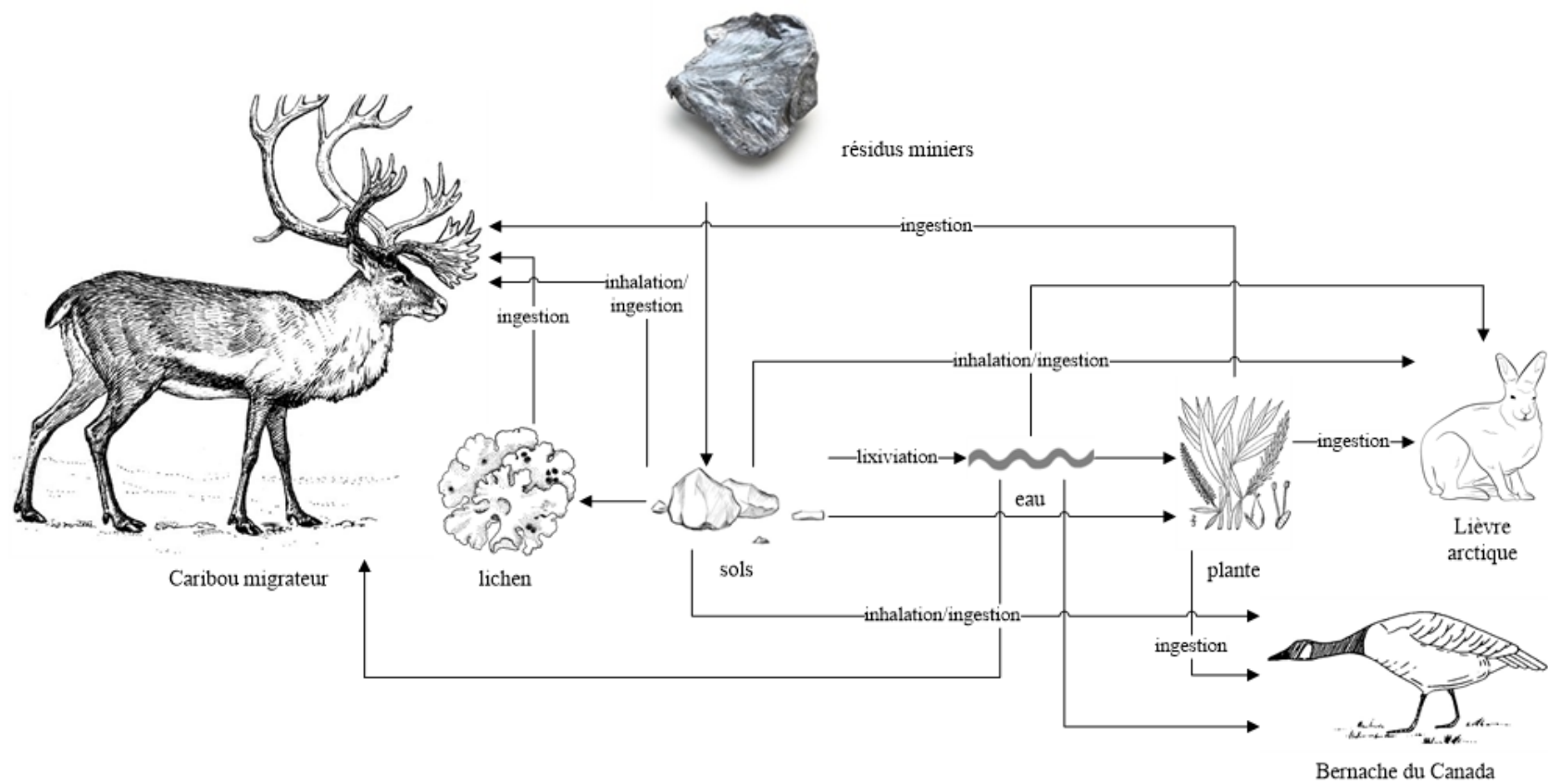


Figure 5.1 Modèle conceptuel de l'étude de cas

5.3.5 Identification des réponses écologiques appréhendées

Les réponses écologiques appréhendées sont :

- 1) La diminution des fonctions associées aux organismes en contact direct avec les sols (microorganismes, plantes et invertébrés);
- 2) La diminution de la croissance, de la survie ou de la reproduction des mammifères ou des oiseaux qui sont directement ou indirectement en contact avec les contaminants retrouvés dans ces médias présents sur le site.

5.4 Méthode d'évaluation et estimation des risques

Afin d'obtenir un estimé des concentrations pouvant être mesurées dans les eaux de surface temporairement disponibles sur le site minier pour les récepteurs écologiques, les concentrations dans l'eau ont été estimées à l'aide du modèle suivant (MEF, 1996) :

$$C_e = C_s \times 0,315 \times 0,001$$

où

C_e : concentration du contaminant dans l'eau de surface provenant du ruissellement (mg/l)

C_s : concentration en métaux dans le sol (mg/kg)

0,315 : concentration de matières en suspension dans l'eau (g/l)

0,001 : constante de conversion d'unités (de g à kg)

Les concentrations de contaminants dans l'air ont pour leur part été calculées en présumant que les sources d'émission de contaminants dans l'air proviennent de la remise en suspension de particules de sol par érosion éolienne :

$$C_{air.ext.p} = 25 \times C_{sol} \times 1,0E^{-09}$$

où

$C_{air.ext.p}$: concentration dans l'air extérieur résultant de la mise en suspension de particules de sol (mg/m³)

25 : concentration de matières particulaires dans l'air provenant des sols (µg/m³); valeur par défaut proposée pour une occupation industrielle du sol (MEF, 1996) et retenue en raison de son conservatisme

C_{sol} : concentration du contaminant dans les sols de surface (mg/kg)

1,0 E-09 : facteur de conversion d'unités (de kg à µg)

Les concentrations de certains métaux dans les plantes (parties aériennes) ont quant à elles été estimées à l'aide des équations de régression proposées par Bechtel Jacobs Company LLC (1998) et reprises par le EPA (Allison et Allison, 2005) :

$$Ln(Cp)_{arsenic} = -1,992 + 0,564 \ln(Csol)$$

$$Ln(Cp)_{sélénium} = -0,678 + 1,104 \ln(Csol)$$

$$Ln(Cp)_{zinc} = +1,575 + 0,555 \ln(Csol)$$

où

Cp : concentration dans les plantes (poids sec; mg/kg)

Csol : concentration dans les sols de surface (mg/kg)

Aucune équation de régression n'étant disponible pour le baryum, l'uranium et le lanthane, leurs concentrations ont été estimées à l'aide de l'équation suivante (Travis et Arms, 1988) :

$$Cp = Csol \times FBp$$

où

Cp : concentration du contaminant dans les plantes terrestres (poids sec; mg/kg)

Csol : concentration en uranium dans le sol (poids sec, mg/kg)

FBp : facteur de bioconcentration sol-plante

À défaut de facteur de bioconcentration basé sur des données empiriques, le facteur de bioconcentration peut être estimé à l'aide du modèle proposé par Baes et al. (1984), décrit ci-dessous :

$$FBp = e^{(2,38 - \ln(Kd))/0,89}$$

où

FBp : facteur de bioconcentration sol-plante

Kd : coefficient d'adsorption du contaminant au sol (sans unité)

Les résultats de ces calculs de concentrations sont présentés au tableau 5.3.

Tableau 5.3 Métaux retenus et concentrations dans les différents médias

SUBSTANCE	Concentration dans les médias			
	Sol (résidus miniers) (mg/kg)	Air (mg/m ³)	Eau de surface (mg/l)	Plantes terrestres (mg/kg)
Arsenic (As)	25	6,250E-07	0,008	0,84
Baryum (Ba)	2 500	6,250E-05	0,788	374,8
Sélénium (Se)	25	6,250E-07	0,008	17,7
Zinc (Zn)	900	2,250E-05	0,284	210,7
Uranium (U)	170	4,250E-06	0,054	1,1
Lanthane (La)	331,5	8,288E-06	0,104	0,56

La dose d'exposition par inhalation a été calculée comme suit :

$$Dinh = Tinh \times Cair$$

où

Dinh : dose d'exposition par inhalation (mg/(kg*j))

Tinh : taux d'inhalation (m³/(kg*j))

Cair : concentration dans l'air du contaminant (mg/m³)

Les taux d'inhalation ont été estimés à partir des équations allométriques fournies dans Sample et al. (1997) :

$$Tinh_{oiseau} = \frac{0,40896 \times (Pds)^{0,77}}{Pds}$$

$$Tinh_{mammifère} = \frac{0,54579 \times (Pds)^{0,8}}{Pds}$$

où

Tinh : taux d'inhalation (m³/(kg*j))

Pds : poids de l'animal (kg)

La dose d'exposition par ingestion d'aliments a été calculée comme suit :

$$Dinga = \sum (Tinga \times Cal)$$

où

Dinga : dose d'exposition au contaminant (mg/(kg*j))

Tinga : taux d'ingestion de l'aliment (plantes, invertébrés, vertébrés) sur une base de poids sec (kg/(kg*j))

Cal : concentration du contaminant dans l'aliment (poids sec; mg/kg)

Le taux d'ingestion d'aliments des herbivores a été estimé avec les équations suivantes (Sample et al., 1997) :

$$Tinga_{mammifère} = \frac{0,0875 \times (Pds)^{0,727}}{Pds}$$

$$Tinga_{oiseau} = \frac{0,0582 \times (Pds)^{0,651}}{Pds}$$

où

Tinga : taux d'ingestion d'aliments sur une base de poids sec (kg/(kg*j))

Pds : poids de l'animal (kg)

La dose par ingestion de sol a été estimée à l'aide de l'équation suivante :

$$Dings = Tings \times Cs$$

où

Dings : dose d'exposition par ingestion de sol (mg/(kg*j))

Tings : taux d'ingestion de sol sur une base de poids sec (kg/(kg*j))

Cs : concentration du contaminant dans les sols (poids sec; mg/kg)

Finalement, la dose par ingestion d'eau a été estimée à l'aide de l'équation suivante :

$$Dinge = Tinge \times Ce$$

où

Dinge : dose d'exposition par ingestion d'eau (mg/(kg*j))

Tinge : taux d'ingestion d'eau (l/(kg*j))

Ce : concentration du contaminant dans l'eau (mg/l)

Le taux d'ingestion d'eau peut être déterminé à l'aide des équations allométriques suivantes (Sample et al., 1997) :

$$Tinge_{oiseau} = \frac{0,059(Pds)^{0,67}}{Pds}$$

$$Tinge_{mammifère} = \frac{0,099(Pds)^{0,90}}{Pds}$$

où

Tinge : taux d'ingestion d'eau (l/kg*j)

Pds : poids de l'animal (kg)

Les différents paramètres nécessaires à l'estimation du risque sont résumés au tableau 5.4. La dose totale d'exposition a été mesurée à l'aide de la formule présentée précédemment, au chapitre 3.2.

Tableau 5.4 Paramètres nécessaires à l'estimation du risque

Espèce	Poids (kg)	Sols ingérés (% du taux d'aliments secs)	Taux d'aliments secs (kg/(kg*jour))
Bernache	4,173	8	0,031
Lièvre	4,75	6,3	0,061
Caribou	160	2	0,011

Par souci de conservatisme, les concentrations dans les sols sont égales aux concentrations retrouvées dans les résidus miniers. De plus, la valeur unitaire a été retenue dans les calculs réalisés. C'est-à-dire que la fraction de l'habitat de l'espèce qui se retrouve dans la zone contaminée a arbitrairement été fixée à 100 %.

5.5 Résultats obtenus

Le tableau 5.5 présente les résultats de l'ÉRE sur les récepteurs à l'étude. Ainsi, un risque a été détecté pour certaines substances prises individuellement pour tous les récepteurs soit, plus précisément : les communautés microbiennes (Zn, U, La), les plantes (As, Ba, Se, Zn), les invertébrés terrestres (As, Zn), la bernache du Canada (Se), le caribou migrateur (Ba), ainsi que pour le lièvre arctique (Ba, Se). Il faut toutefois noter que le risque établi pour la bernache du Canada et le caribou migrateur est faible, et ne concerne qu'une substance d'intérêt.

Il est ainsi possible de conclure que, dans les conditions actuelles du site à l'étude, des risques pour les herbivores ont été observés liés au sélénium et au baryum. Des mesures de mitigations limitant la contamination des sols par la mine seront donc nécessaires afin de s'assurer de la protection de la faune et de la flore environnante, importantes ressources pour les chasseurs présents sur le site.

Tableau 5.5 Résultats de l'évaluation du risque sur les récepteurs à l'étude pour les substances retenues

	Substance					
	As	Ba	Se	Zn	U	La
VTR Communauté microbienne	<i>304,8¹</i>	30 002	<i>923,4</i>	<i>387</i>	<i>100³</i>	50
Risque	0,08	0,83	0,03	2,3⁴	1,7	6,6
VTR Plantes	<i>0,83</i>	500	<i>0,15</i>	<i>15,4</i>	<i>700³</i>	n/d
Risque	30,1	5,0	166,7	58,4	0,24	n/a
VTR Invertébrés terrestres	<i>16</i>	n/d	70	<i>251</i>	<i>976³</i>	n/d
Risque	1,6	n/a	0,36	3,6	0,17	n/a
VTR Oiseau	<i>4,4</i>	<i>51,3</i>	<i>0,5</i>	<i>72,7*</i>	<i>6777,84⁵</i>	n/d
Risque Bernache	0,021	0,38	1,4	0,13	6,35E-05	n/a
VTR Mammifère	<i>0,17*</i>	<i>6,3*</i>	<i>0,44*</i>	<i>323,3</i>	<i>16 093</i>	n/d
Risque – Caribou migrateur	0,44	2,2	1,0	0,02	2,39E-04	n/a
Risque – Lièvre arctique	0,85	4,9	2,5	0,05	4,16E-04	n/a

¹ caractères italiques : microorganisme, invertébré, oiseau et mammifère VTR N2 et plantes VTR N1 tiré de : CEAEQ, 2012

* oiseau et mammifère VTR N1 tiré de : CEAEQ, 2012

² caractères gras : valeur de ORNL Tox. Benchmarks tirée de : RAIS, s. d.

³ valeur pour un terrain commercial tiré de : CEAEQ, 2014

⁴ en blanc sur fond noir : risque significatif

⁵ valeur déterminée avec la VTR des mammifères et une correction de métabolisme

5.6 Discussion sur l'incertitude de l'analyse et conclusion

Bien qu'un risque associé au lanthane ait été évalué pour les communautés microbiennes, il n'a pas été possible de poursuivre l'évaluation pour les autres récepteurs puisqu'aucune autre VTR n'est disponible dans la littérature. Il n'existe également aucune VTR pour le baryum pour l'évaluation du risque sur les invertébrés terrestres.

Il faut aussi noter que bien que les VTR de niveau de protection N1 du CEAEQ aient été priorisées, certaines n'étaient pas disponibles pour quelques substances et récepteurs.

5.7 Application des recommandations pour l'adaptation de l'ÉRE au milieu nordique

L'utilisation des critères et des VTR suggérés dans le chapitre précédent, tout comme les informations récoltées pour deux nouveaux récepteurs, soit le caribou migrateur et le lièvre arctique, a permis d'évaluer le risque pour les espèces herbivores retrouvées en milieu nordique.

L'application des recommandations énoncées au chapitre 4 permettrait ainsi de réduire l'incertitude reliée à l'absence de certaines VTR et d'évaluer les risques pour les substances d'intérêt tel que le lanthane. L'exemple pratique démontre que ces recommandations pourraient favoriser l'application de l'évaluation du risque écotoxicologique dans les conditions particulières dominant le Nord québécois. Des recherches supplémentaires s'avèrent toutefois nécessaires pour leur mise en place optimale.

CONCLUSION

Avec la volonté du gouvernement d'entreprendre le développement économique du Nord québécois, notamment en exploitant de nouvelles ressources minières et forestières, le MDDELCC doit adapter ses outils de gestion aux réalités de ce territoire particulier. C'est dans cette optique que le CEAEQ a pris l'initiative d'ajuster la procédure d'évaluation du risque écotoxicologique. Le présent essai a permis de réaliser une analyse de la procédure de l'ÉRE telle qu'appliquée dans le Québec méridional et d'apporter des recommandations qui permettront de l'utiliser pour gérer les risques pour les espèces fauniques et floristiques au nord du 49° parallèle.

Une analyse des projets soumis à une évaluation environnementale et sociale entre 2010 et 2016 dans les régions nordiques a montré que le développement minier compte pour 43,8 % des projets dans la région de la Baie-James et 16,9 % dans la région du Nunavik. Une augmentation de l'exploitation minière est à prévoir au courant des prochaines années, notamment avec la volonté d'exploiter les métaux des terres rares et le lithium, éléments entrant dans la composition des appareils électroniques. Et puisque le Nord québécois est isolé du reste du Québec par l'absence de route, l'augmentation de ce type d'infrastructure sera nécessaire pour exporter ces ressources vers des sites de transformation. L'évaluation des impacts potentiels de ces activités a permis de déterminer que certaines substances pourraient plus difficilement être gérées, étant donné l'absence de critères génériques. C'est notamment le cas de l'aluminium, du béryllium, de l'uranium, des métaux des terres rares, du lithium et des fractions des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀. Il s'avère donc nécessaire d'avoir recours à des critères de qualités des sols d'autres juridictions, afin d'évaluer plus adéquatement le niveau de contamination d'un site donné.

Une recherche approfondie a ensuite permis de récolter toute l'information possible concernant le Nord québécois et d'en faire un portrait juste. Plusieurs sources d'informations ont été consultées, permettant de décrire la flore et la faune qui évoluent dans ces écosystèmes uniques et d'identifier les récepteurs présents qui sont déjà utilisés dans le cadre des ÉRE. Il a ainsi pu être établi que parmi les récepteurs aviaires actuellement utilisés, seulement la bernache du Canada, le bruant des prés, le junco ardoisé, le merle d'Amérique et la sarcelle d'hiver ont une aire de répartition qui s'étend jusqu'à la péninsule d'Ungava alors que parmi les mammifères, ce sont seulement l'hermine, la loutre de rivière et le renard roux. De plus, parmi les récepteurs présents au nord du 49° parallèle et ceux qui se retrouvent jusqu'à l'extrême nord de la province, certains groupes alimentaires n'étaient pas représentés. Il s'avère donc nécessaire de sélectionner des espèces représentatives du nord québécois et pouvant être utilisées dans les ÉRE.

Une révision du cadre législatif entourant l'ÉRE et son processus d'application a entre autres mis en lumière la problématique liée à la gestion des sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers. En effet, il est impossible de procéder à une ÉRE sur ce type de substance, obligeant ainsi l'entrepreneur à excaver la totalité de ces sols et d'en disposer dans des sites spécialisés, si le traitement ou la valorisation sur le site est impossible. Malheureusement, une disposition intégrale de sols contaminés en hydrocarbure dans des régions nordiques isolées serait techniquement difficile à réaliser, mais surtout dispendieux. Il apparaît donc nécessaire de développer des VTR pour les HP C₁₀-C₅₀, en cas de déversements dans le Nord québécois.

Par la suite, l'analyse de la procédure de l'ÉRE a su montrer l'absence de nombreuses valeurs toxicologiques de référence pour les contaminants susceptibles d'être émis par l'avènement de nouvelles activités économiques, mais également à des niveaux de protection variables selon le type de récepteur.

L'analyse des développements économiques à venir, des particularités du Nord québécois et de l'outil d'évaluation du risque écotoxicologique a permis d'émettre trois recommandations principales pour l'adaptation des ÉRE au milieu nordique. La première consiste à établir des critères de sols pour les contaminants susceptibles d'être émis dans l'environnement, notamment le lithium et le lanthane qui n'ont pas d'alternative d'autres juridictions qui permettraient de protéger l'intégrité des écosystèmes nordiques. En l'absence de critères du MDDELCC, l'utilisation des critères d'autres juridictions est également recommandée, à condition que ceux retenus offrent les mêmes niveaux de protection pour les récepteurs écologiques que ceux de la province. La deuxième consiste à développer des VTR pour le plus haut niveau de sensibilité (N1) pour les contaminants les plus susceptibles d'être émis, soient les métaux et les MTR, puisque le milieu nordique est un habitat naturel et sensible. La troisième recommandation consiste à prioriser des récepteurs représentatifs du Nord québécois qui pourraient être utilisés pour évaluer les risques écotoxicologiques comme le caribou migrateur et le lièvre arctique, pour lesquels une recherche dans la littérature a permis de produire des fiches techniques.

L'exemple d'application, présenté à la suite des recommandations, a finalement aidé à tester l'utilisation de ces nouveaux récepteurs nordiques et l'utilisation de critères de gestion et des VTR d'autres juridictions. Il a toutefois permis de réitérer le besoin d'entreprendre des recherches scientifiques pour établir certains critères et certaines valeurs à l'approche du développement économique du nord. Considérant que certains projets de développement de nouvelles ressources minières sont déjà en cours, cet essai aidera à la gestion adéquate des risques possibles pour les récepteurs nordiques.

RÉFÉRENCES

- Adam Oliver Brown (s. d.). Lichen. Repéré sur le site d'Adam Oliver Brown, section Glossaire:
<http://adamoliverbrown.com/glossary/?id=2663>
- Allison, J.D. et T.L. Allison (2005). Partition coefficients for metals in surface water, soil and waste. *U.S. Environmental Protection Agency*. Washington, DC: Office of Research and Development.
- Aubert, M. (2009). *La datation par les séries de l'uranium en archéologie: nouvelles applications à la datation de l'art rupestre et des fossiles humains* (Thèse de doctorat). Institut national de la recherche scientifique, Québec, Québec. Repéré à espace.inrs.ca/470/1/T000514.pdf
- Areva (2011). *Kiggavik Projetct – Environmental Impact Statement, Tier 3 Technical Appendix 8A, Ecological and Human Health Risk Assessment*. Repéré sur le site de Nunavut Impact Review Board: <ftp://ftp.nirb.ca/02-REVIEWS/ACTIVE%20REVIEWS/09MN003-AREVA%20KIGGAVIK/2-REVIEW/06-DRAFT%20EIS%20&%20CONFORMITY%20REVIEW/02-DEIS%20SUBMISSION/Vol%2008/111220-09MN003-DEIS%20Appendix%208A-Ecological%20and%20Human%20Health%20Risk%20Assessment-IEDE.pdf>
- Baes, C.F., R.D. Sharp, A.L. Sjoeren et R.W. Shor (1984). *A review and analysis of parameters for assessing transport of environmentally released radionuclides through agriculture*. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory.
- Berteaux, D., Casajus, N. et S. Blois (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec*. Québec, Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Betchel Jacobs Company LLC (1998). *Empirical models for the uptake of inorganic chemicals from soil by plants*. Oak Ridge, TN: U.S. Department of Energy.
- Burt, W.H. et Grossenheider, R.P. (1992). *Les mammifères de l'Amérique du Nord*. Boston, MA : Éditions Broquet Inc.
- Bussières, I. (2015, 4 septembre). Québec autorise le projet Whabouchi de Nemaska Lithium. *Le Soleil*. Rep r     <http://www.lapresse.ca/le-soleil/affaires/actualite-economique/201509/04/01-4897966-quebec-autorise-le-projet-whabouchi-de-nemaska-lithium.php>
- Canards Illimit  s Canada (2015). *Qu'est-ce qu'un milieu humide?* Rep r     sur le site de Canards Illimit  s Canada, section En apprendre plus sur les milieux humides : <http://www.canards.ca/en-apprendre-plus-sur-les-milieux-humides/quest-ce-quun-milieu-humide/>
- Caribou Ungava (s. d.). Description du projet de recherche. Rep r     sur le site de Caribou Ungava : http://www.caribou-ungava.ulaval.ca/description_du_projet/
- Carignan, R., D'Arcy, P. et S. Lamontagne (2000). Comparative impacts of fire and forest harvesting on water quality in Boreal Shield lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57, 105-117.

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ; 1998). *Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation des terrains contaminés*. Montréal, Québec, Canada : Ministère de l'Environnement et de la Faune.

CEAEQ (1999a). *Paramètres d'exposition chez les mammifères – Mises en priorité des espèces*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles – Paramètres d'exposition pour les mammifères : http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/mammifere/para_mamm.pdf

CEAEQ (1999b). *Paramètres d'exposition chez les oiseaux – Mises en priorité des espèces*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles – Paramètres d'exposition pour les oiseaux : www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/oiseaux/para_oiseau.pdf

CEAEQ (2010a). *Paramètres d'exposition chez les mammifères – Fiches descriptives*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles : <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/mammifere/index.htm>

CEAEQ (2010b). *Paramètres d'exposition chez les oiseaux – Fiches descriptives*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles : <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/oiseaux/index.htm>

CEAEQ (2010c). *Paramètres d'exposition chez les mammifères – Condylure étoilé*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles : www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/mammifere/Condylure.pdf

CEAEQ (2010d). *Paramètres d'exposition chez les mammifères – Ours noir*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles : www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/mammifere/Ours.pdf

CEAEQ (2010e). *Paramètres d'exposition chez les mammifères – Renard roux*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles : www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/mammifere/Renard_roux.pdf

CEAEQ (2010f). *Paramètres d'exposition chez les oiseaux – Junco ardoisé*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles : www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/oiseaux/Junco.pdf

CEAEQ (2012). *Valeurs de référence pour les récepteurs terrestres*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles – Valeurs de référence pour les récepteurs terrestres : www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/val_ref.pdf

CEAEQ (2014). *Risque pour les herbivores associé à la consommation de plantes ayant accumulé des radionucléides*. Repéré sur le site du Bureau d'audience public sur l'environnement, section Mandats – Mandats terminés classés par thèmes – Mines – Les enjeux de la filière uranifère au Québec – Documentation déposée – Milieu naturel : http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/uranium-enjeux/documents/liste_cotes.htm

- CEAEQ (2015). *Procédure d'évaluation du risque radiotoxique pour l'environnement*. Repéré sur le site du CEAEQ, section Écotoxicologie et évaluation du risque – Documents disponibles : www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/pere/perr.pdf
- CEAEQ (sous presse a). *Évaluation du danger écotoxicologique des métaux de terres rares - Préliminaire*. Montréal, Québec : Auteur.
- CEAEQ (sous presse b). *Critères de qualité développés pour assurer la protection des récepteurs écologiques dans les cas de sols contaminés aux hydrocarbures pétroliers (HCP) – Préliminaire*. Québec, Québec : Auteur.
- CEAEQ (sous presse c). *Lignes directrices pour la réalisation d'une évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation de terrains contaminés – Préliminaire*. Québec, Québec : Auteur.
- Chaire de recherche et d'intervention en éco-conseil (2013). *L'industrie minière et le développement durable*. Repéré sur le site de Synapse : synapse.uqac.ca/wp-content/uploads/2013/01/Revue-Mines_Chair%C3%89coConseil_Jan2013.pdf
- Chevalier, P. (1996). *Technologies d'assainissement et prévention de la pollution*. Québec, Québec : Télé-Université
- Choinière J. et M. Beaumier (1997). *Bruits de fond géochimiques pour différents environnements géologiques au Québec*. Québec, Québec : Ministère des Ressources naturelles.
- Climat-Québec (2016). Normales en tableau. Repéré sur le site de Climat-Québec, section Statistiques : http://www.climat-quebec.qc.ca/home.php?id=norm_entab&mpn=stats
- Comité d'examen des répercussions sur l'environnement et le milieu social (Comex; 2015). Liste des projets. Repéré sur le site du Comex, section Projets : <http://comexqc.ca/projets/>
- Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC; 2009). *Le COSEPAC et la Loi sur les espèces en péril*. Repéré sur le site du COSEPAC, section Au sujet du COSEPAC : http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct6/sct6_6_f.cfm
- COSEPAC (2014). Définitions et abréviations. Repéré sur le site du COSEPAC, section Rapport de situation : http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct2/sct2_6_f.cfm
- COSEPAC (2016). Base de données des espèces sauvages évaluées par le COSEPAC. Repéré sur le site du COSEPAC, section Recherche d'espèces sauvages – Commencer la recherche : http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct1/searchform_f.cfm
- Commission de la qualité de l'environnement Kativik (CQEK; 2016). Projets en cours de révision. Repéré sur le site de la CQEK, section Registre des projets : <http://www.keqc-cqek.ca/fr/projets/>
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME; 1996). *Cadre pour l'évaluation du risque écotoxicologique : Orientation générale*. Winnipeg, Manitoba : Le programme national d'assainissement des lieux contaminés.

- CCME (1997). *Cadre de travail pour l'évaluation du risque écotoxicologique : annexes techniques*. Winnipeg, Manitoba : Le programme national d'assainissement des lieux contaminés.
- CCME (2014). Lieux contaminés – Standard pancanadien relatif aux hydrocarbures pétroliers. Repéré sur le site du CCME, section Ressources – Lieux contaminés : http://www.ccme.ca/fr/ressources/contaminated_site_management/phc_cws_in_soil.html
- Desrosiers, N., Morin, R. et J. Jutras (2002). *Atlas des micromammifères du Québec*. Québec : Société de la faune et des parcs du Québec – Direction du développement de la faune
- ÉcoRessources (2014). *Les coûts et les bénéfices de l'exploitation forestière au nord du 51^e parallèle : Au-delà de la limite nordique des forêts attribuables*. Repéré sur le site de Nature Québec, section Aires protégées : http://www.naturequebec.org/fileadmin/fichiers/Aires_protegees/RA14-01_LimiteNordique_EcoRess.pdf
- Environmental Protection Agency (EPA; 1998). *4. Lead, Lightweight Aggregate, Lithium and Lithium Carbonate, Magnesium and Magnesia, Manganese, Manganese Dioxide, Ferromanganese, and Siliconmanganese, Mercury*. Repéré sur le site de l'EPA, section Waste – Non-Hazardous Waste – Industrial Waste – Identification and Description of Mineral Processing Sectors and Waste Streams – Final Technical Background Document: <https://archive.epa.gov/epawaste/nonhaz/industrial/special/web/pdf/part6.pdf>
- EPA (2012). *Rare Earth Elements: A Review of Production, Processing, Recycling, and Associated Environmental Issues*. Repéré sur le site de l'EPA, section NSCEP – Document Display: <http://nepis.epa.gov/EPA/html/DLwait.htm?url=/Exe/ZyPDF.cgi/P100EUBC.PDF?Dockey=P100EUBC.PDF>
- Environnement Canada (2008). 13. Effets de l'utilisation des terres pour l'agriculture et l'exploitation forestière. Repéré sur le site d'Environnement et Changement climatique Canada, section Sciences et technologie – Sciences de l'eau – Rapport principaux de la S-T de l'eau – Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada : <https://www.ec.gc.ca/inrenwri/default.asp?lang=Fr&n=235D11EB-1&offset=14&toc=hide>
- Environnement et Changement climatique Canada (ECCC; 2011). Stratégie nationale de conservation de l'ours blanc pour le Canada. Repéré sur le site d'ECCC, section Nature – Biodiversité – Conservation de l'ours blanc : <http://ec.gc.ca/nature/default.asp?lang=Fr&n=60D0FDBD-1>
- ECCC (2015). Secteur minier. Repéré sur le site d'ECCC, section Pollution et déchets – Sources de pollution – Industrie : <http://www.ec.gc.ca/pollution/default.asp?lang=Fr&n=C6A98427-1>
- Environnement Canada et Santé Canada (1994). *Hydrocarbures aromatiques polycycliques*. Repéré sur le site de Santé Canada, section Santé de l'environnement et du milieu de travail – Rapports et publications – Contaminants environnementaux : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl1-lsp1/hydrocarb_aromat_polycycl/hydrocarbons-hydrocarbures-fra.pdf
- Équipe de rétablissement du caribou forestier (2013). *Plan de rétablissement du caribou forestier (Rangifer tarandus caribou) au Québec – 2013-2023*. Repéré sur le site du MFFP, section Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec – Caribou des bois, écotype forestier : www.mffp.gouv.qc.ca/publications/faune/especes/Plan-retablissement2013-2023.pdf

- Fondation de la faune du Québec (s. d.). Informations sur la biodiversité. Repéré sur le site de la Fondation de la faune du Québec, section Répertoire sur la biodiversité : http://www.fondationdelafaune.qc.ca/repertoire_biodiversite/informations/
- Forum des ministres responsables du développement du Nord (s. d.). Le Plan Nord. Repéré sur le site du Forum des ministres du développement du Nord, section Les provinces – Québec : <http://focusnorth.ca/french/province/quebec.php>
- Garcia, E. et R. Carignan (2000). Mercury concentrations in northern pike (*Esox lucius*) from boreal lakes with logged, burned, or undisturbed catchments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57, 129-135.
- Génivar (2013). *Projet d'exploitation minière de carbonate de lithium – Étude approfondie, Résumé*. Repéré sur le site de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale, section Registre – Projet de mine de spodumène Québec Lithium – Documents : <https://www.ceaa-acee.gc.ca/050/documents/p59158/94135F.pdf>
- Géoinfo (s. d.). Géoinfo – L'outil de recherche. Repéré sur le site du Gouvernement du Québec, section Portail : <http://geoinfo.gouv.qc.ca/portail/jsp/geoinfo.jsp?DecouvrirLeNord>
- Gouvernement du Canada (1999). *Approche fédérale en matière de lieux contaminés*. Ottawa, Ontario : Groupe de travail sur la gestion des lieux contaminés.
- Gouvernement du Canada (2016). Index des espèces de A à Z. Repéré sur le site du Registre public des espèces en péril : http://www.sararegistry.gc.ca/sar/index/default_f.cfm?type=species&lng=f&index=1&common=&scientific=&population=&taxid=0&locid=6&desid=0&schid=0&desid2=0&
- Gouvernement du Québec (2015). *Le Plan Nord à l'horizon 2035 : Plan d'action 2015-2020*. Montréal, Québec : auteur.
- Greig, K. (2011, 25 février). Considering the Costs of Canada's Diamonds. *Canadian Geographic*. Repéré à <http://www.canadiangeographic.ca/article/considering-costs-canadas-diamonds>
- Grondin, P. et al. (1996). Écologie forestière. Dans J. A. Bérard (dir.), *Manuel de foresterie* (p. 133-280). Québec, Québec : Les Presses de l'Université Laval.
- Fédération canadienne de la faune (s. d.a). Les oiseaux. Repéré sur le site de Faune et flore du pays, section Faune : <http://www.hww.ca/fr/faune/oiseaux/>
- Fédération canadienne de la faune (s. d.b). Les mammifères. Repéré sur le site de Faune et flore du pays, section Faune : <http://www.hww.ca/fr/faune/mammiferes>
- Fédération canadienne de la faune (2005a). Le caribou. Repéré sur le site de Faune et flore du pays, section Faune – Mammifères : <http://www.hww.ca/fr/faune/mammiferes/le-caribou.html#sid6>
- Fédération canadienne de la faune (2005b). L'eider à duvet. Repéré sur le site de Faune et flore du pays, section Faune – Oiseaux : <http://www.hww.ca/fr/faune/oiseaux/l-eider-a-duvet.html>

Hudson, R.J.M., Gherini, S.A., Watras, C.J., et D.B. Porcella (1994). Modeling the biogeochemical cycle of mercury in lakes: the Mercury cycling model (MCM) and its application to the MTL study lakes. Dans Watras et Huckabee (dir.). *Mercury pollution – integration and synthesis* (p. 473-523). Boca Raton, FL: Lewis Publishing Co.

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN; 2016). Global map. Repéré sur le site de l'IUCN, section Search: <http://www.iucnredlist.org/search>

Institut de la statistique du Québec (2015). *Mines en chiffres : L'investissement minier au Québec en 2014*. Montréal, Québec : auteur.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ; 2012). *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec*. Montréal, Québec : INSPQ – Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Investissement Québec (2016). Un immense territoire à découvrir. Repéré sur le site d'Investissement Québec, Secteurs d'activité – Mines : <http://www.investquebec.com/international/fr/secteurs-activite-economique/mines/un-immense-territoire-a-decouvrir.html>

Lichen Portal (s. d.). Résultats d'une *Map Search*. Repéré sur le site de Lichen Portal : <http://www.lichenportal.org/portal/collections/map/mapinterface.php>

Loi sur la qualité de l'environnement, L.R.Q., c. Q-2.

Loi sur les espèces en péril, L.C. 2002, c. 29

Loi sur les espèces menacées ou vulnérables, L.R.Q., c. E-12.01

Loi sur les pêches, L.R.C. 1985, c. F-14

MacPherson, A.H. (2015). Animaux de l'Arctique. Repéré sur le site de l'Encyclopédie canadienne, section Choses – Zoologie : <http://www.encyclopediecanadienne.ca/fr/article/animaux-de-larctique/>

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN; 2009). Terres rares et lithium : une nouvelle vague d'exploration au Québec. Repéré sur le site du MERN, section Mines – Québec mines – À la une : <https://www.mern.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2009-11/terres.asp>

MERN (2013). Exploration minière des terres rares au Québec. Repéré sur le site du MERN, section Les mines – Industrie minière et substances exploitées – Métaux rare ou de haute technologie – Terres rares : <https://mern.gouv.qc.ca/mines/industrie/metaux/metaux-proprietes-terres-rares.jsp>

MERN (2015). Statistiques minières. Repéré sur le site du MERN, section Les mines : <https://mern.gouv.qc.ca/mines/statistiques/index.jsp>

MERN (2016). *Projets miniers de mise en valeur et de développement*. Repéré sur le site du MERN, section Géologie générale – Les mines – Cartes minières : <https://www.mern.gouv.qc.ca/publications/mines/projets-miniers.pdf>

- Ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF; 1996). *Guide technique pour la réalisation des analyses préliminaires des risques toxicologiques*. Montréal, Québec : Direction des laboratoires (Document non publié).
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP; 2010). Aigle royal. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Espèces fauniques – Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=27>
- MFFP (2016a). Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec. Repéré sur le site du MFFP, section Forêts – Inventaires écoforestiers : <https://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/inventaire-zones-carte.jsp>
- MFFP (2016b). Oie des neiges. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Espèces fauniques – Espèces fauniques du Nunavik : <http://mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/nunavik/oie-neiges.jsp>
- MFFP (2016c). Eider à duvet. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Espèces fauniques – Espèces fauniques du Nunavik : <http://mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/nunavik/eider-duvet.jsp>
- MFFP (2016d). Espèces fauniques du Nunavik. Repéré sur le site du MFFP, section Faune – Espèces fauniques : <http://mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/nunavik/index.jsp>
- MFFP (2016e). Espèces fauniques menacées ou vulnérables. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Espèces fauniques : <http://www.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/index.jsp>
- MFFP (2016f). Lièvre arctique. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Chasse – Gibiers du Québec : <https://mffp.gouv.qc.ca/faune/chasse/gibiers/lievre-arctique.jsp>
- MFFP (2016g). Caribou. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Chasse – Gibiers du Québec : <https://mffp.gouv.qc.ca/faune/chasse/gibiers/caribou.jsp>
- Ministère des Ressources naturelles (MRN; 2012). *Investir dans le secteur minier du Québec*. Montréal, Québec : auteur.
- MRN (2013). *Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables*. Repéré sur le site du MFFP, section Les forêts – Connaissances forestières et environnementales – Limite nordique des forêts attribuables : <https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/rapport-limite-nordique-forets.pdf>
- Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (2003). *Carte des zones de végétation et des domaines bioclimatiques du Québec*. Repéré sur le site du MFFP, section Les forêts – Inventaire écoforestier – Produits et données d'inventaire – Système hiérarchique de classification écologique du territoire : <http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/inventaire-zones.jsp>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP; 2014). *Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet minier*. Repéré sur le site du MDDELCC, section Directives sectorielles – Formulaire, guides, directives sectorielles – Évaluation environnementales : www.mddelcc.gouv.qc.ca/evaluations/documents/Mines.pdf

- MDDELCC (1998). Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Repéré sur le site du MDDELCC, section Terrains contaminés : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/index.htm>
- MDDELCC (2016a). Projets soumis à l'évaluation environnementale et sociale au sud du 55° parallèle depuis le 1^{er} janvier 2000. Repéré sur le site du MDDELCC, section Évaluations environnementales – Milieu nordique – Projets soumis à l'évaluation environnementale : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/evaluations/projet-sud.htm>
- MDDELCC (2016b). Projets soumis à l'évaluation environnementale et sociale au nord du 55° parallèle depuis le 1^{er} janvier 2000. Repéré sur le site du MDDELCC, section Évaluations environnementales – Milieu nordique – Projets soumis à l'évaluation environnementale : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/evaluations/projet-nord.htm>
- MDDELCC (2016c). Loi sur les espèces menacées ou vulnérables. Repéré sur le site du MDDELCC, section Biodiversité – Espèces menacées ou vulnérables : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/25-ans/index.htm>
- MDDELCC (2016d). Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés – Loi et règlements. Repéré sur le site du MDDELCC, section Terrains contaminés : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/loi-reg.htm>
- Moore, J.-D., Ouimet, R. et J.W. Reynold (2009). Premières mentions de vers de terre dans trois écosystèmes forestiers du Bouclier canadien. *Le naturaliste canadien*, 133(1), 31-37.
- Murray, C. (2014). *Impacts environnementaux et mesures d'atténuation reliés à l'exploration et à l'exploitation de mines d'uranium* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec.
- Negraia, G. (2010). *Impact écotoxicologique des hydrocarbures monoaromatiques dans l'environnement au Canada* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec.
- Office québécois de la langue française (2013a). Gestion du risque. Repéré sur le site de l'Office québécois de la langue française : http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie_risque/gestion_risque.html
- Office québécois de la langue française (2013b). Risque résiduel. Repéré sur le site de l'Office québécois de la langue française : https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie_risque/risque_residuel.html
- Ouranos (2012). *Atlas de la Biodiversité du Québec nordique : Analyses et scénarios climatiques*. Repéré sur le site d'Ouranos, section Publications : https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/2016/03/RapportRapaic2013_FR.pdf
- Paquet, N. (2016). La réalisation d'une évaluation du risque écotoxicologique (ÉRE) appliquée aux sols contaminés au Québec. Communication orale. *Les procédures d'évaluations et de gestion du risque en environnement : ce qu'il faut savoir*, 1^{er} juin 2016, Complexe scientifique, Québec.

- Payette, S. (2013). Structure biogéographique de la Flore nordique. Dans S. Payette (dir.), *Flore nordique du Québec et du Labrador* (Volume 1, p. 61-85). Québec, Québec : Presses de l'Université Laval.
- Pelletier-Allard, R. (2014). *Caractérisation et neutralisation du drainage minier acide par une dolomie à haute pureté* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec.
- Poisson, F. (2011). *Atlas de la biodiversité du Québec nordique – Présentation*. Repéré sur le site du Centre de la science de la biodiversité du Québec, section Initiatives pour l'intégration et l'accès aux données sur la biodiversité : http://qcbs.ca/wp-content/uploads/2011/12/Poisson_CSBQ_2011_c.pdf
- Portail Québec (2015a). Saguenay-Lac-Saint-Jean (02). Repéré sur le site de Portail Québec, section Le Québec – Portraits des régions : <http://www.gouv.qc.ca/FR/LeQuebec/Pages/SaguenayLacSaintJean.aspx>
- Portail Québec (2015b). Côte-Nord (09). Repéré sur le site de Portail Québec, section Le Québec – Portraits des régions : <http://www.gouv.qc.ca/FR/LeQuebec/Pages/CoteNord.aspx>
- Portail Québec (2015c). Nord-du-Québec (10). Repéré sur le site de Portail Québec, section Le Québec – Portraits des régions : <http://www.gouv.qc.ca/FR/LeQuebec/Pages/NordDuQuebec.aspx>
- Prepas, E.E., Pinel-Alloul, B., Planas, D., Méthot, G., Paquet, S. et S. Reedyk (2001). Forest harvest impacts on water quality and aquatic biota on the Boreal Plain: introduction to the TROLS lake program. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(2), 421-436.
- Prescott, J. et P. Richard (1996). Mammifères du Québec et de l'est du Canada. Montréal, Québec : Éditions Michel Quintin.
- Radio-Canada (2014). Développement du Nord: l'état des lieux. Repéré sur le site de Radio-Canada, section Plan Nord : <http://ici.radio-canada.ca/sujet/plan-nord>
- Ramade, F. (2016). Écotoxicologie. Repéré sur le site *Encyclopaedia Universalis* : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/ecotoxicologie/>
- Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement*, RLRQ, c. Q-2, r. 3.
- Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*, RLRQ, c. Q-2, r. 37.
- Règlement sur les mammifères marins*, DORS/93-56
- Risk Assessment Information System (RAIS; s. d.). Ecological Benchmark Tool. Repéré sur le site de RAIS, section Chemical Tools – Ecological Benchmark: https://rais.ornl.gov/tools/eco_search.php
- Roche Ltée Groupe-conseil (2014). *Projet Whabouchi – Étude des impacts sur l'environnement et le milieu social – Prédiction de la qualité de l'effluent minier, Rapport d'activités*. Repéré sur le site du Comex, section Projets – Projet Whabouchi : comexqc.ca/wp-content/uploads/Dec-2014_NEMASKA_Prediction-qualite-effluent.pdf

- Römbke J., Jänsch, S. et R. Scroggins (2006). Identification of potential organisms of relevance to Canadian boreal forest and northern lands for testing of contaminated soils. *Environmental Reviews*, 14, 137-167.
- Roussy Barsauskas, L. (2014). *Analyse des suivis environnementaux et des méthodes d'intervention lors de déversements pétroliers en milieux aquatiques tempérés et nordiques* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec.
- Route de la Baie James (s. d.). Route Transtaïga. Repéré sur le site de la Route de la Baie James : <http://routebaiejames.com/ttr/index.html>
- Sample, B.E., M.S. Aplin, R.A. Efroymsen, G.W. Suter II et C.J.E. Welsh (1997). *Methods and Tools for Estimation of the Exposure of Terrestrial Wildlife to Contaminants*. Oak Ridge, États-Unis: U.S. Department of Energy.
- Sanexen Services Environnementaux inc. (2016). *Logiciel professionnel d'évaluation des risques écotoxicologiques des terrains contaminés*. Repéré sur le site de Sanexen Services Environnementaux inc., section TerraSys – Documentation – Dépliant promotionnel : sanexen.com/wp-content/uploads/brochure_terrasys_fr.pdf
- Shields, A. (2013, 25 octobre). La fin des bélugas? *Le Devoir*. Repéré à <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/390941/la-fin-des-belugas>
- Société du Plan Nord (2014a). Vision. Repéré sur le site de la Société du Plan Nord, section Accueil : <http://plannord.gouv.qc.ca/fr/vision/>
- Société du Plan Nord (2014b). *Carte 8 : Le territoire d'application visé par le 50 % – Portrait actuel des aires protégées (mars 2015)*. Repéré sur le site de la Société du Plan Nord, section Priorités d'action – Protection de l'environnement et conservation de la biodiversité : plannord.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2015/04/Carte-8-FR.pdf
- Société du Plan Nord (2014c). *Carte 1 : le territoire du Plan Nord*. Repéré sur le site de la Société du Plan Nord, section Territoire – Le territoire du Plan Nord et ses principales caractéristiques : plannord.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2015/04/Carte-1-FR.pdf
- Société du Plan Nord (2014d). *Carte 3 – Les communautés autochtones*. Repéré sur le site de la Société du Plan Nord, section Territoire – Le territoire du Plan Nord et ses principales caractéristiques : plannord.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2015/04/Carte-3-FR.pdf
- Stornoway Diamonds (2013). *Renard Environmental and Social Impact Assessment*. Repéré sur le site de Stornoway Diamonds, section Projet Renard : s2.q4cdn.com/850616047/files/doc_downloads/Feasibility%20Study/Feb-2013-NI_43-101.pdf
- Théau, J., Peddle, D.R. et C.R. Duguay (2004). Mapping lichen in caribou habitat of Northern Quebec, Canada, using an enhancement-classification method and spectral mixture analysis. *Remote Sensing of Environment*, 94, 232-243.
- Thesaurus (2016a). Climat. Repéré sur le site de Thesaurus, section Fiche du terme – Définition : <http://www.thesaurus.gouv.qc.ca/tag/terme.do?id=2647>

Thesaurus (2016b). Domaine bioclimatique. Repéré sur le site de Thesaurus, section Fiche du terme – Définition : <http://www.thesaurus.gouv.qc.ca/tag/terme.do?id=4318>

Thomson, J. W. (1984). *American Arctic Lichens : 1. The Macrolichens*. New York, NY : Columbia University Press.

Travis, C.C. et A.D. Arms (1988). Bioconcentration of organics in beef, milk, and vegetation. *Environmental Science and Technology*, 22: 271-274.

Varfalvy, V. (2016). L'analyse d'une ÉR déposée au MDDELCC par le GTE – Quel est le cheminement d'une évaluation des risques déposée au ministère? Communication orale. *Les procédures d'évaluations et de gestion du risque en environnement : ce qu'il faut savoir*, 1^{er} juin 2016, Complexe scientifique, Québec.

WSP (2015). *PR3.4 Projet de mine d'apatite du Lac à Paul – Étude d'impact sur l'environnement*. Repéré sur le site du BAPE, section Mandats terminés classés par thèmes – Mines – Projet d'ouverture et d'exploitation de la mine d'apatite du Lac à Paul au Saguenay-Lac-Saint-Jean – Documentation déposée – PR : www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/mine_apatite_lac-a-paul/documents/PR3.4.pdf

BIBLIOGRAPHIE

- Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (2016). Résultats de l'atlas (tableaux). Repéré sur le site de l'Atlas des oiseaux, section Outils interactifs : <http://atlas-oiseaux.qc.ca/donneesqc/datasummaries.jsp?lang=fr>
- CC-Bio (s. d.). Effet des changements climatiques sur la biodiversité du Québec. Repéré sur le site de CC-Bio : <http://cc-bio.uqar.ca/>
- Comité permanent des ressources naturelles (2014). L'industrie des éléments de terres rares au Canada – Résumé des témoignages. Repéré sur le site du Parlement du Canada : www.parl.gc.ca/Content/HOC/Committee/412/RNNR/WebDoc/WD6669744/412_RNNR_reldoc_PDF/RareEarthElements-Summary-f.pdf
- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN; 2016). Fiches radionucléides. Repéré sur le site de l'IRSN, section La recherche – Publications et documentation : <http://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publications-documentation/fiches-radionucleides/Pages/Fiches-radionucleides.aspx#.Vu8kR0fEPpE>
- Lord, G. et A. Robitaille (2013). *Annexe 4 – Portrait biophysique du territoire d'étude*. Repéré sur le site du MFFP, section Les forêts – Connaissances forestières et environnementales – Limite nordique des forêts attribuables : mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/annexe_4-portrait-biophysique-territoire-etude.pdf
- Payette, S. (2013). *Flore nordique du Québec et du Labrador : Volume 1*. Québec, Québec : Presses de l'Université Laval.
- Payette, S. (2015). *Flore nordique du Québec et du Labrador : Volume 2*. Québec, Québec : Presses de l'Université Laval.

ANNEXE 1 – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DE LA BAIE-JAMES (tiré de : Comex, 2015 et MDDELCC, 2016a)

TYPE	STATUT	TITRE DU PROJET	PROMOTEUR
Usine	En cours d'élaboration de l'étude d'impact	Usine de gazéification de la communauté de Waskaganish	Première Nation de Waskaganish
	En cours d'analyse	Usine de production de granules de bois à Chapais	RENTECH inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Construction d'une nouvelle chambre de combustion à l'usine de sciage de Barrette-Chapais	Barrette-Chapais ltée
Infrastructure	Autorisé	Projet d'augmentation de la capacité d'alimentation en eau de la communauté crie d'Eastmain – Phase II	Communauté crie d'Eastmain
	Attestation de non-assujettissement	Remplacement du système de traitement des eaux usées sanitaire du centre communautaire La-Grande-1	Hydro-Québec
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Exploitation des piles de réserve et bancs d'emprunt pour l'entretien des infrastructures et du réseau routier d'Hydro-Québec	Hydro-Québec
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Légers changements apportés au projet d'aménagement d'une aire d'accostage communautaire sur la rivière Rupert à Waskaganish	Conseil de bande de Waskaganish
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Relocalisation d'une usine de béton bitumineux	Sintra inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Projet d'aménagement d'une aire d'accostage communautaire sur la rivière Rupert à Waskaganish	Hydro-Québec
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Projet de construction d'un puits auxiliaire à Oujé-Bougoumou	Oujé-Bougoumou Eenuch Association
	Délivrance d'une modification au certificat d'autorisation (CA)	Campement forestier Maicasagi	AbiBow Canada inc.
	Délivrance d'un CA	Projet de construction d'un pont, d'une voie d'accès permanente et d'exploitation de deux bancs d'emprunt	Nation Crie de Mistissini
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Projet Wildcat – Installation d'un quai flottant amovible en milieu nordique	Mine Aurizon ltée
GMR	En cours d'analyse	Projet de site municipal d'enfouissement de déchets domestiques à Waswanipi	Première Nation Crie de Waswanipi
	Attestation de non-assujettissement	Lieu d'enfouissement technique en territoire isolé à proximité de la centrale Lafarge-2	Mines Coulon inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Gestion des déchets solides – exploration minière Otish South et Camie River – Beaver Lake	Cameco Corporation
Mine	Délivrance d'une modification au CA	Plan de fermeture de l'exploration minière Troilus	FQM (Akubra) inc. (depuis 2013, anciennement Les mines Inmet)
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Exploitation de sablières pour le projet Matoush dans les Monts Otish	Ressources Strateco inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Projet Croteau-Est – Exploration minière aurifère	Northern Superior Resources Inc.

ANNEXE 1 (SUITE) – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DE LA BAIE-JAMES (tiré de : Comex, 2015 et MDDELCC, 2016a)

TYPE	STATUT	TITRE DU PROJET	PROMOTEUR
Mine	Délivrance d'une directive	Projet d'exploitation d'une carrière de plus de trois hectares pour les fins de réfection de la piste d'aviation de Némiscau	Hydro-Québec
	Délivrance d'un CA	Exploitation du gisement de fer au complexe géologique du lac Doré	Métaux BlackRock inc.
	Attestation de non-assujettissement	Exploitation d'une carrière et de trois sablières dans le cadre du projet minier BlackRock	Métaux Black Rock Inc. 2012
	Attestation de non-assujettissement	Projet Flordin	Mines Aurbec inc.
	Délivrance d'une directive	Projet d'exploitation minière Corner Bay	CBay Minerals inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Projet d'exploitation de la carrière CA-27	Société d'énergie de la Baie James
	Autorisé	Projet Whabouchi : Développement et exploitation d'un gisement de spodumène sur le territoire de la Baie-James	Nemaska Lithium inc.
	Autorisé	Projet d'exploitation de gisements naturels d'agrégats sur les terres de la catégorie II de la Première Nation de Waskaganish, Nation crie de la Baie-James	Première Nation de Waskaganish
	Autorisé	Projet d'exploitation minière Langlois	Nyrstar
	Autorisé	Projet d'exploitation d'un gisement de fer-vanadium par Métaux BlackRock inc.	Métaux BlackRock inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Entreposage temporaire de sols contaminés pour le projet d'exploration minière Matoush	Ressources Strateco inc.
	Attestation de non-assujettissement	Projet Clearwater-Exploitation d'un banc d'emprunt de moins de 3 hectares	Eastmain Resources inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Exploitation de bancs d'emprunt pour la réfection du poste Némiscau	Blais et Langlois inc.
	Autorisé	Projet Troilus	FQM (Akubra) inc.
	Autorisé	Projet de réalisation de la restauration de la mine Principale à Chibougamau	MERN
	Autorisé	Travaux prioritaires de restauration sur l'ancien parc à résidus miniers Coniagas à Desmaraisville par Galaxy Lithium (Ontario) inc.	Galaxy Resources Limited
	Autorisé	Projet d'exploitation et de traitement de 900 000 tonnes métriques de minerai d'or du site minier Bachelor	Ressources Métanor inc.
	Délivrance d'une directive	Projet minier Galaxy, James Bay Lithium	Galaxy Ressources Limited
	Délivrance d'une directive	Projet minier Rose Tantalé et Lithium	Corporation Éléments Critiques
	Autorisé	Mine de diamant Renard et projets associés	Les Diamants Stornoway (Canada) inc.
	Autorisé	Projet Éléonore – exploitation souterraine d'un gisement aurifère et projets associés	Les Mines Opinaca Ltée

ANNEXE 1 (SUITE) – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DE LA BAIE-JAMES (tiré de : Comex, 2015 et MDDELCC, 2016a)

TYPE	STATUT	TITRE DU PROJET	PROMOTEUR
Mine	Attestation de non-assujettissement	Activités de formation en forage et dynamitage au site du projet Whabouchi	Nemaska Lithium inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Ouverture d'une carrière	Nemaska Lithium inc.
	Délivrance d'un CA	Programme d'exploration minière sur la propriété Discovery, Mines Nap Québec ltée (anciennement Ressources Cadiscor inc.)	Mines Nap Québec ltée
	Délivrance d'une modification au CA	Redémarrage de l'usine de la mine d'or de Lac Bachelor – Installation d'un système de destruction des cyanures par ozonation au site minier de Lac Bechelor	Ressources Métanor inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Exploitation de sablières pour le projet Matoush dans les monts Otish	Ressources Strateco inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Échantillonnage en vrac de 5000 tonnes métriques de minerai d'or provenant de la mine souterraine Lac Bachelor	Ressources Métanor inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Travaux d'exploration avancée – Décapage d'une tranchée et échantillonnage en vrac	Métaux BlackRock inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Travaux de mise en valeur – Propriété Aquilon	Ressources Golden Tag ltée
	Autorisé	Construction d'un chemin minier reliant la route 167 au projet diamantifère Renard	Les Diamants Stornoway (Canada) Inc.
	Délivrance d'un CA	Réaménagement de l'intersection des routes Eastmain et Matagami-Radisson	Ministère des Transports du Québec (MTQ)
Route	En cours d'analyse	Construction des chemins d'accès forestiers « H section Ouest » et « I »	Matériaux Blanchet Inc.
	En cours d'analyse	Construction du chemin forestier E ouest	Barrette-Chapais ltée
	En cours d'analyse	Prolongement du chemin forestier L209 Nord	Barrette-Chapais ltée
	Autorisé	Prolongement de la route 167 Nord vers les Monts Otish et projets associés	MTQ
	Attestation de non-assujettissement	Projet de réfection 2015 de la route de la Baie-James et du chemin de Chisasibi	Société de développement de la Baie-James
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Aménagement d'un chemin d'accès à un camp d'exploration minière	Eastmain Resources inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Réutilisation de l'ancienne route d'hiver de la mine Eastmain – Hiver 2011-2012	Ressources Strateco inc.

ANNEXE 1 (SUITE) – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DE LA BAIE-JAMES (tiré de : Comex, 2015 et MDDELCC, 2016a)

TYPE	STATUT	TITRE DU PROJET	PROMOTEUR
Énergie	Délivrance d'un CA	Poste de Waswanipi et ligne de raccordement à 315 kV	Hydro-Québec
	Délivrance d'une directive	Projet éolien Nemaska	Doethwaagun S.E.C.
	Délivrance d'une directive	Projet éolien Chibougamau	Oujé-Bougoumou Shakeegun S.E.C.
	Délivrance d'une directive	Projet hydroélectrique de la Gorge de Basile	Stajune S.E.C.
	Délivrance d'une directive	Parc éolien Mistissini	CPV Canada Energy LP
	Autorisé	Construction d'une ligne de transport d'énergie à 161 kV pour les installations de la minière Métaux BlackRock inc.	Hydro-Québec
	Autorisé	Projet de centrale de l'Eastmain-1-A et dérivation Rupert et projets associés	Hydro-Québec
	Délivrance d'une modification au CA	Ligne de transport d'énergie reliant le poste de Eastmain-1 au site minier Éléonore et projets associés	Hydro-Québec
Tourisme	Délivrance d'une directive	Parc national Assinica	Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP)
	Délivrance d'un CA	Création du parc national Aalban-Témiscamie-Otish	MDDEP
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Aménagement de loisirs au lac Jacques	Hydro-Québec
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Parc régional Obalski	Ville de Chibougamau
	Délivrance d'un CA	Création des six réserves de biodiversité projetées et d'une réserve aquatique projetée	MDDEP
Autre	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Valorisation de résidus de construction	Les entreprises Marc Forget inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Projet d'aménagement d'un terrain élevé à Chisasibi	Société d'énergie de la Baie-James
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Décontamination de sols à l'aéroport Fontanges	Hydro-Québec – Direction régionale La Grande Rivière

ANNEXE 2 – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DU NUNAVIK (tiré de : CQEK, 2016 et MDDELCC, 2016b)

TYPE	STATUT	TITRE DU PROJET	PROMOTEUR
Mine	En cours d'élaboration de l'étude d'impact	Mine de terres rares de la Zone-B du lac Strange	Quest Rare Minerals Ltd.
	En cours d'élaboration de l'étude d'impact	Projet minier Raglan – Phases II et III et projets associés	Glencore Canada Corporation
	En cours d'élaboration de l'étude d'impact	Projet minier ferrière Hopes Advance	Oceanic Iron Ore Corporation
	Attestation de non-assujettissement	Projet d'ouverture d'un banc d'emprunt de moraine pour l'amélioration du système de traitement des eaux usées du village de Kangigssuuaq	Services des travaux publics municipaux de Kativik
	Délivrance d'une directive	Projet de mine de fer Hopes advance près de Aupaluk	Oceanic Iron Ore Corporation
	Délivrance d'une modification au CA	Exploitation d'une sablière au km 34 près du lac François-Malherbe	Canadian Royalties Inc.
	Attestation de non-assujettissement	Ouverture d'un banc d'emprunt de silt argileux pour la réparation des bassins de traitement des eaux usées au village nordique d'Akulivik	Administration régionale Kativik
	Délivrance d'un CA	Projet de minerai de fer à enfournement direct, Projet « 2A »	Tata Steel Minerals Canada Limited
	Délivrance d'une modification au CA	Projet minier Nunavik Nickel et projets associés	Canadian Royalties inc.
	Délivrance d'une modification au CA	Exploitation d'une carrière au lac Bombardier	Canadian Royalties inc.
Infrastructure	Délivrance d'une modification au CA	Exploitation d'une sablière à Kiliakik (East Lake)	Xstrata Nickel
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Activités d'exploration minière au camp Eldor (Lac Le Moyne) et projets associés	Dahrouge Geological Consulting Ltd
	Autorisé	Agrandissement du socle des bâtiments et de l'aire de trafic de l'aéroport nordique de Salluit	MTQ
	Autorisé	Utilisation de sols traités sur des terrains industriels et commerciaux	Englobe Corp.
	Autorisé	Infrastructures portuaires à Baie Déception	Canadian Royalties inc.
	Autorisé	Travaux d'entretien des infrastructures maritimes	Administration régionale Kativik
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Modernisation du dépôt pétrolier et du poste de distribution à Kangigssuualujjuaq	Nunavik Petro Inc.
	Délivrance d'une modification au CA	Traitement et évacuation des eaux usées – Amélioration d'un système de disposition des eaux usées	Administration régionale Kativik
	Modification au CA	Travaux d'amélioration des aires de mouvements de l'aéroport nordique de Quaqtaq, Nunavik	MTQ
	Délivrance d'une modification au CA	Projet d'augmentation de la capacité permanente d'hébergement à Baie Déception	Canadian Royalties inc.

ANNEXE 2 (SUITE) – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DU NUNAVIK (tiré de : CQEK, 2016 et MDDELCC, 2016b)

TYPE	STATUT	TITRE DU PROJET	PROMOTEUR
Infrastructure	Attestation de non-assujettissement	Projet de construction d'une nouvelle prise d'eau municipale – Corporation du village nordique d'Aupaluk	Administration régionale Kativik
	Attestation de non-assujettissement	Aménagement d'une nouvelle piste d'atterrissage au Lac Roberts	Village nordique de Quaqtaq
	Délivrance d'une modification au CA	Aéroport nordique d'Inukjuak – Agrandissement et réaménagement de l'aire de trafic	MTQ – Bureau de la coordination du Nord-du-Québec
	Délivrance d'une modification au CA	Parc national Pingualuit – Construction de bâtiments dans le secteur Sanguamaaluk	Direction du patrimoine écologique et des parcs – MDDEFP
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Déplacement d'un réservoir de carburant de l'aire de trafic à l'aéroport d'Ivujivik	MTQ – Bureau de la coordination du Nord-du-Québec
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Installation de ponceaux dans le village de Kangirsuk	Administration régionale Kativik
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Aménagement d'une piste temporaire d'atterrissage près du camp d'exploration minière Alpha	Adriana Resources inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Construction d'un pont par la Corporation foncière Nunavik de Aupaluk	Village nordique de Aupaluk
	Attestation de non-assujettissement	Projet d'asphaltage du village nordique de Kuujuaq	Administration régionale Kativik
	Délivrance d'une modification au CA	Augmentation de la capacité d'emménagement du bassin collecteur attenant au parc à résidus	Xstrata Nickel
Énergie	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Mise en place d'un centre de traitement des sols contaminés issus des travaux de modernisation du dépôt pétrolier et du poste de distribution, à Kangiqsualujuaq	Nunavik Petro inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Agrandissement du dépôt pétrolier	FCNQ Petro
	Autorisé	Dépôt pétrolier Akulivik - Relocalisation du dépôt pétrolier et ajout de réservoirs	FCNQ Petro
	Autorisé	Agrandissement du dépôt pétrolier	FCQN Pétro
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Utilisation d'huiles usées comme source d'énergie	Corporation foncière Qaaqqalik
	Autorisé	Projet d'énergie éolienne au site minier Raglan	Glencore Canada Corporation
	Délivrance d'une modification au CA	Modification au certificat d'autorisation pour l'augmentation de la capacité de production d'électricité pour l'exploitation minière Raglan	Xstrata Nickel

ANNEXE 2 (SUITE) – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DU NUNAVIK (tiré de : CQEK, 2016 et MDDELCC, 2016b)

TYPE	STATUT	TITRE DU PROJET	PROMOTEUR
Énergie	Délivrance d'une modification au CA	Construction d'une centrale thermique à Kuujuaq et projets associés	Hydro-Québec - Équipement et services partagés
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Nettoyage de matières résiduelles sur 4 sites situés dans le futur parc national des Monts-Pyramides	Administration régionale Kativik
Gestion des matières résiduelles	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Gestion des déchets au camp d'exploration minière du lac Le Moyne	Commerce Resources Corporation
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Gestion des déchets au camp d'exploration minière du lac Le Moyne au cours de l'été 2011	Dahrouge Geological Consulting Ltd, Fission Energy Corp
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Gestion des déchets du camp Alpha	Adriana Resources inc.
	Autorisé	Lieu d'enfouissement en milieu nordique	Administration régionale Kativik
	Attestation de non-assujettissement	Projet de réalisation d'un LETI pour le projet aurifère Kan	Exploration Osisko Baie-Jaimes
	Autorisé	Lieu d'enfouissement en milieu nordique	Administration régionale Kativik
	Autorisé	Traitement de sols contaminés au lac Brisson	Forage Boréal inc.
	Autorisé	Implantation d'un dépôt d'entreposage temporaire des matières dangereuses résiduelles	Avataani Environmental inc.
	Délivrance d'un CA	Construction et exploitation d'un lieu d'enfouissement en milieu nordique dans le village de Kangirsuk	Village nordique de Kangirsuk
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Gestion des déchets du campement d'exploration minière du lac Brisson – Ajout d'un incinérateur	Quest Rare Minerals Ltd
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Gestion des déchets du camp du lac Dieter	Fission Energy Corp
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Exploitation de deux lieux d'enfouissement en territoire isolé – Projet Nord et projet Sud	Pourvoirie Rivière-aux-Feuilles inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Lieu d'enfouissement en territoire isolé – Lac Le Moyne	Dahrouge Geological Consulting Ltd
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Gestion des déchets du camp d'exploration minière Chrysler	Canadian Royalties inc.
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Gestion des déchets du campement d'exploration minière du lac Brisson	Quest Rare Minerals Ltd

ANNEXE 2 (SUITE) – PROJETS SOUMIS À UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE SELON LEUR TYPE, SECTEUR DU NUNAVIK (tiré de : CQEK, 2016 et MDDELCC, 2016b)

TYPE	STATUT	TITRE DU PROJET	PROMOTEUR
Usine	Autorisé	Installation et exploitation temporaire d'une usine mobile de béton bitumineux et travaux de pavage à l'aéroport	Gély Construction inc.
	Attestation de non-assujettissement	Projet d'exploitation d'une usine mobile de béton bitumineux à Salluit	Administration régionale Kativik
Route	Autorisé	Modification du tracé de la route d'accès à l'aéroport	MTQ
	Délivrance d'un CA	Route d'accès à la localité de Kuujjuaq et projets associés	Corporation foncière Nayumivik
Tourisme	Délivrance d'un CA	Projet de création du parc national Ulittaniujalik	MDDEFP
	Délivrance d'une modification au CA	Parc national de Kuururjuaq et projets associés	MDDEFP
	Délivrance d'une modification au CA	Projet de Parc national Tursujuq et projets associés	MDDEFP
	Attestation de non-assujettissement	Déversement accidentel d'hydrocarbures au parc à carburant de la centrale d'Inukjuak — Entreposage temporaire des sols et unité de traitement de l'eau	Hydro-Québec
Autre	Attestation de non-assujettissement	Projet de travaux de réhabilitation - Déversement accidentel d'hydrocarbures à la centrale Ivujivik par Hydro-Québec	Hydro-Québec
	Délivrance d'attestation de non-assujettissement	Élevage de poules pondeuses destinées à la consommation d'œufs à Akulivik	Association des chasseurs, pêcheurs et piégeurs d'Akulivik
	Délivrance d'attestation de non-assujettissement	Élevage de poules pondeuses destinées à la consommation d'œufs à Kuujjuaq	Association des chasseurs, pêcheurs et piégeurs de Kuujjuaq
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Traitement de sols contaminés au lac Brisson	Forage Boréal
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Augmentation de la capacité du centre de traitement de sols contaminés de Kuujjuaq	Biogénie, division d'EnGlobe Corporation
	Attestation de non-assujettissement	Projet de traitement des sols contaminés aux hydrocarbures pétroliers au site d'enfouissement sanitaire de Puvirnituk	Société Makivik
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Traitement de sols contaminés – dépôt pétrolier de Puvirnituk	Fédération des Coopératives du Nouveau-Québec
	Délivrance d'une attestation de non-assujettissement	Mise aux normes d'un dépôt pétrolier à Kuujjuaq	Nunavik Petro inc.
	Délivrance d'Attestation de non-assujettissement	Utilisation du sol traité sur des terrains industriels	Biogénie, Englobe Corp.

ANNEXE 3 – CRITÈRES GÉNÉRIQUES POUR LES SOLS (adapté de : MDDELCC, 1998)

Substance	CRITÈRES DE SOL ^{1 *} mg/kg de matière sèche (ppm)		
	A ²	B	C
I- MÉTAUX (et métalloïdes)			
Argent (Ag)	2	20	40
Arsenic (As)	6	30	50
Baryum (Ba)	200	500	2 000
Cadmium (Cd)	1,5	5	20
Cobalt (Co)	15	50	300
Chrome total (Cr)	85	250	800
Cuivre (Cu)	40	100	500
Étain (Sn)	5	50	300
Manganèse (Mn)	770	10 003	22 003
Mercure (Hg)	0,2	2	10
Molybdène (Mo)	2	10	40
Nickel (Ni)	50	100	500
Plomb (Pb)	50	500 ⁴	1 000 ⁴
Sélénium (Se)	1	3	10
Zinc (Zn)	110	500	1 500
II- AUTRES COMPOSÉS INORGANIQUES			
Bromure disponible (Br ⁻)	6	50	300
Cyanure disponible (CN ⁻)	2	10	100
Cyanure total (CN ⁻)	2	50	500
Fluorure disponible (F ⁻)	200	400	2000
Soufre total (S) ⁵	400	1 000	2 000
III- COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS			
Hydrocarbures aromatiques monocycliques			
Benzène	0,1	0,5	5
Chlorobenzène (mono)	0,2	1	10
Dichloro-1,2 benzène	0,2	1	10
Dichloro-1,3 benzène	0,2	1	10
Dichloro-1,4 benzène	0,2	1	10
Éthylbenzène	0,2	5	50
Styrène	0,2	5	50
Toluène	0,2	3	30
Xylènes	0,2	5	50
Hydrocarbures aliphatiques chlorés			
Chloroforme	0,2	5	50
Chlorure de vinyle ⁶	0,4	0,4	0,4
Dichloro-1,1 éthane	0,2	5	50
Dichloro-1,2 éthane	0,2	5	50
Dichloro-1,1 éthène	0,2	5	50
Dichloro-1,2 éthène (cis et trans)	0,2	5	50
Dichlorométhane	-	5	50
Dichloro-1,2 propane	0,2	5	50
Dichloro-1,3 propène (cis et trans)	0,2	5	50
Tétrachloro-1,1,2,2 éthane	0,2	5	50
Tétrachloroéthène	0,2	5	50
Tétrachlorure de carbone	0,1	5	50
Trichloro-1,1,1 éthane	0,2	5	50
Trichloro-1,1,2 éthane	0,2	5	50
Trichloroéthène	0,2	5	50

ANNEXE 3 (SUITE) – CRITÈRES GÉNÉRIQUES POUR LES SOLS (adapté de : MDDELCC, 1998)

Substance	CRITÈRES DE SOL ¹ *		
	mg/kg de matière sèche (ppm)		
	A ²	B	C
IV- COMPOSÉS PHÉNOLIQUES			
Non chlorés			
Crésol (ortho, méta, para)	0,1	1	10
Diméthyl-2,4 phénol	0,1	1	10
Nitro-2 phénol	0,5	1	10
Nitro-4 phénol	0,5	1	10
Phénol	0,1	1	10
Chlorés			
Chlorophénol (-2, -3, ou -4)	0,1	0,5	5
Dichloro-2,3 phénol	0,1	0,5	5
Dichloro-2,4 phénol	0,1	0,5	5
Dichloro-2,5 phénol	0,1	0,5	5
Dichloro-2,6 phénol	0,1	0,5	5
Dichloro-3,4 phénol	0,1	0,5	5
Dichloro-3,5 phénol	0,1	0,5	5
Pentachlorophénol (PCP)	0,1	0,5	5
Tétrachloro-2,3,4,5 phénol	0,1	0,5	5
Tétrachloro-2,3,4,6 phénol	0,1	0,5	5
Tétrachloro-2,3,5,6 phénol	0,1	0,5	5
Trichloro-2,3,4 phénol	0,1	0,5	5
Trichloro-2,3,5 phénol	0,1	0,5	5
Trichloro-2,3,6 phénol	0,1	0,5	5
Trichloro-2,4,5 phénol	0,1	0,5	5
Trichloro-2,4,6 phénol	0,1	0,5	5
Trichloro-3,4,5 phénol	0,1	0,5	5
V- HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES			
Acénaphène	0,1	10	100
Acénaphthylène	0,1	10	100
Anthracène	0,1	10	100
Benzo (a) anthracène	0,1	1	10
Benzo (a) pyrène	0,1	1	10
Benzo (b + j + k) fluoranthène	0,1	1 ¹¹	10 ¹¹
Benzo (c) phénanthrène	0,1	1	10
Benzo (g,h,i) pérylène	0,1	1	10
Chrysène	0,1	1	10
Dibenzo (a,h) anthracène	0,1	1	10
Dibenzo (a,i) pyrène	0,1	1	10
Dibenzo (a,h) pyrène	0,1	1	10
Dibenzo (a,l) pyrène	0,1	1	10
Diméthyl-7,12 Benzo (a) anthracène	0,1	1	10
Fluoranthène	0,1	10	100
Fluorène	0,1	10	100
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	0,1	1	10
Méthyl-3 cholanthrène	0,1	1	10
Naphtalène	0,1	5	50
Phénanthrène	0,1	5	50
Pyrène	0,1	10	100
Méthyl naphtalènes (chacun) ⁷	0,1	1	10

ANNEXE 3 (SUITE) – CRITÈRES GÉNÉRIQUES POUR LES SOLS (adapté de : MDDELCC, 1998)

Substance	CRITÈRES DE SOL ^{1 *} mg/kg de matière sèche (ppm)		
	A ²	B	C
VI- COMPOSÉS BENZÉNIQUES NON CHLORÉS			
Dinitro-2,6 toluène ³	0,7	2 X 10 ⁻⁴	3 X 10 ⁻²
Trinitro-2,4,6 toluène (TNT) ³	-	0,04	1,7
VII- CHLOROBENZÈNES			
Hexachlorobenzène	0,1	2	10
Pentachlorobenzène	0,1	2	10
Tétrachloro-1,2,3,4 benzène	0,1	2	10
Tétrachloro-1,2,4,5 benzène	0,1	2	10
Tétrachloro-1,2,3,5 benzène	0,1	2	10
Trichloro-1,2,3 benzène	0,1	2	10
Trichloro-1,2,4 benzène	0,1	2	10
Trichloro-1,3,5 benzène	0,1	2	10
VIII- BIPHÉNYLES POLYCHLORÉS (BPC)			
Sommation des congénères ⁸	0,05	1	10
IX- PESTICIDES⁹			
Tébutiuron ³	-	50	3600
X- AUTRES SUBSTANCES ORGANIQUES			
Acrylonitrile ⁶	-	1	5
Bis(2-chloroéthyl)éther ⁶	-	0,01	0,01
Éthylène glycol ⁶	-	97	411
Formaldéhyde ³	1	100	125
Phtalates (chacun) ⁶	-	-	60
Phtalate de dibutyle ³	-	6	7 X 10 ⁴
XI- PARAMÈTRES INTÉGRATEURS			
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ à C ₅₀ ¹⁰	300	700	3500
XII- DIOXINES ET FURANES			
	CRITÈRES DE SOL ng/kg de matière sèche (ppt)		
	A ²	B	C
Sommation des chlorodibenzo-dioxines et chlorodibenzofurannes exprimés en équivalents toxiques 2,3,7,8-TCDD (échelle de l'OTAN, 1988)	- ¹²	15 ³	750 ³

*Voir la source pour les notices complètes

**ANNEXE 4 – LES COMMUNAUTÉS AUTOCHTONES DANS LES LIMITES DU TERRITOIRE
À L'ÉTUDE** (tiré de : Société du Plan Nord, 2014b et MAMOT, 2010a; 2010b; 2010c)

RÉGION	COMMUNAUTÉ
Nunavik	Kuujjuarapik
	Umiujaq
	Inukjuak
	Puvirnituq
	Akulivik
	Ivujivik
	Salluit
	Kangiqsujaq
	Quaqtaq
	Kangirsuk
	Aupaluk
	Tasiujaq
	Kuujjuaq
	Kangiqsualujjuaq
	Kawawachikamach
	Baie-d'Hudson
	Killiniq
	Rivière-Koksoak
Eeyou Istchee Baie-James	Mistissini
	Waswanipi
	Nemaska
	Waskaganish
	Eastmain
	Wemindji
	Chisasibi
	Whapmagoostui
Côte-Nord	Matimekosh
	Lac-John
	Pakuashipi
	La Romaine
	Natashquan
	Mingan
	Kawawachikamach
	Maliotenam
	Uashat
	Pessamit
	Essipit
Saguenay-Lac-Saint-Jean	Mashteuiatsh

RÉFÉRENCES DE L'ANNEXE 4

Ministère des Affaires municipales et Occupation du territoire (MAMOT; 2016a). *Saguenay-Lac-Saint-Jean (02)*. Repéré sur le site du MAMOT, section Organisation municipale – Cartothèque – Cartes régionales :

http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation_municipale/cartotheque/Region_02.pdf

MAMOT (2016b). *Côte-Nord (09)*. Repéré sur le site du MAMOT, section Organisation municipale – Cartothèque – Cartes régionales :

http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation_municipale/cartotheque/Region_09.pdf

MAMOT (2016c). *Nord-du-Québec (10)*. Repéré sur le site du MAMOT, section Organisation municipale – Cartothèque – Cartes régionales :

http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation_municipale/cartotheque/Region_10.pdf

ANNEXE 5 – ÉVALUATION DES ESPÈCES D’INVERTÉBRÉS TERRESTRES POUR L’ANALYSE DE LA CONTAMINATION DES SOLS DES RÉGIONS BORÉALES ET NORDIQUES (traduit et adapté de Römcke et al., 2006)

ESPÈCES	ORIGINE	HABITAT ET (OU) ABONDANCE	TAXONOMIE	PRATICABILITÉ		ÉVALUATION FINALE	DESCRIPTION
				Cultures	Analyse		
Lumbricidae							
<i>Dendrobaena octaedra</i>	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	Malgré le fait que les expérimentations avec <i>D. octaedra</i> pour les analyses et les cultures soient très limitées, il semble que cette espèce écologiquement pertinente et typique serait une bonne alternative à <i>Eisenia fetida</i> pour les forêts boréales et les habitats nordiques.
<i>Dendrodrilus rubidus</i>	(OUI)	OUI	OUI	(OUI)	NON	OUI	Cette espèce acidophile et épigée est un résident typique des forêts boréales. Les problèmes reliés à la compréhension de sa reproduction et d'un test guide standardisé semblent pouvoir être gérés.
<i>Lumbricus rubellus</i>	NON	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	Le point négatif avec cette espèce est sa lente reproduction. Cependant, sa grande pertinence écologique dans les forêts boréales et les expérimentations positives dans un test récemment développé de bioaccumulation ont été considéré.
Enchytraeidae							
<i>Cognettia</i> sp.	ND	OUI	OUI	(OUI)	NON	(OUI)	Dans l'Europe du nord, une espèce de ce genre (<i>C. sphagnetorum</i>) est considérée un des invertébré du sol les plus important. Toutefois, des analyses n'ont pas été réalisées avec ces espèces au Canada et l'espèce <i>C. glandulosa</i> , retrouvé près de Montréal manque de fondement écologique. Ces espèces restent tout de même peu connues au Canada. L'espèce arctique <i>C. lapponica</i> , retrouvée en Alaska, Sibérie et Europe pourrait être une alternative.
Collembola							
<i>Folsomia candida</i>	ND	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	Ce n'est pas une espèce écologiquement pertinente, mais les conditions requises par <i>F. candida</i> permettent de faire des tests même en sols acides. De plus, la méthode d'analyse est entièrement validée et standardisée par ISO.
<i>Hypogastrura</i> sp.	ND	(OUI)	OUI	OUI	(NON)	(OUI)	L'espèce proposée pour les analyses, <i>H. assimilis</i> , n'est pas un habitant typique des forêts boréales et des terres nordiques. De plus, la méthode d'analyse a montré des problèmes lors des manipulations. D'un autre côté, l'analyse de l'espèce <i>H. pannosa</i> (considéré comme semblable à <i>H. assimilis</i>) dans un substrat, n'a pas montré de problèmes semblables.
<i>Protaphorura armata</i>	ND	OUI	(OUI)	OUI	(OUI)	(OUI)	Cette espèce édaphique est typique des forêts boréales et des terres nordiques. On peut facilement en faire des cultures et elle a été utilisée dans des analyses écotoxicologiques lié à des tests chroniques.
Gamasina							
<i>Hypoaspis aculeifer</i>	ND	NON	OUI	OUI	OUI	(OUI)	Bien que cette espèce ne puisse pas être considérée comme habitant la forêt boréale et les terres nordiques, c'est la seule représentante du type prédateur parmi les invertébrés du sol qui peut facilement être cultivé et analysé en ce moment. Peut-être qu'une autre espèce de ce genre communément retrouvée en forêt boréale et en terre nordique devrait être recherchée.
Nematoda							
<i>Plectus</i> sp.	(OUI)	OUI	NON	OUI	NON	(OUI)	L'occurrence de l'espèce <i>P. acuminatus</i> en forêt boréale et en sols acides n'est pas bien documentée. Toutefois, en assumant que sa pertinence peut être prouvée, les problèmes d'ordre taxonomique, de standardisation et de validation pourraient être résolus.
Carabidae							
<i>Pterostichus (Poecilus)</i> sp.	ND	NON	OUI	(OUI)	OUI	(OUI)	L'espèce <i>Pterostichus (Poecilus) cupreus</i> proposée pour les analyses n'est probablement pas typique des forêts boréales et des terres nordiques, mais une autre espèce du même genre pourrait être une alternative (par exemple <i>P. lesconteus</i>). Malheureusement, cette espèce n'est pas retrouvée au Canada.

(OUI) ou (NON) : certaines exceptions s’appliquent. Voir l’article complet pour plus de détails.
ND : information non disponible
Origine : l’espèce se trouve et est idéalement native des forêts boréales canadiennes.
Habitat : l’espèce se trouve dans des sols des forêts boréales ou d’habitats nordiques.
Abondance : l’espèce se trouve fréquemment de façon modérée ou haute.
Taxonomie : l’espèce peut être facilement identifiable et de façon précise.
Praticabilité : l’espèce est facile à manipuler et peut être reproduite en laboratoire à tout moment de l’année, préféablement en culture de masse.

ANNEXE 6 – ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉS DANS LES RÉGIONS AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016 et Integrated Taxonomic Information System, 2016)

ESPÈCES ¹	27-Haute-Côte-Nord ²	28-Manicouagan	29-Sept-Rivières	30-Minganie	40-Chibougamau	41-Pipmuacan	42-Mistassini	43-René-Levasseur	44-Basse-Côte-Nord	45-Baie-James	46-Baie-d'Hudson	47-Ungava	Total
Aigle royal (<i>Aquila chrysaetos</i>)	1		1			1		1		1	1	1	7
Alouette hausse-col (<i>Eremophila alpestris</i>)									1		1	1	3
Arlequin plongeur (<i>Histrionicus histrionicus</i>)						1		1					2
Autour des palombes (<i>Accipiter gentilis</i>)	1				1	1	1	1			1		6
Balbuzard pêcheur (<i>Pandion haliaetus</i>)³	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Bécasse d'Amérique (<i>Scolopax minor</i>)*	1	1	1		1	1							5
Bécasseau minuscule (<i>Calidris minutilla</i>)								1		1	1	1	4
Bécasseau semipalmé (<i>Calidris pusilla</i>)												1	1
Bécasseau variable (<i>Calidris alpina</i>)												1	1
Bécassin roux (<i>Limnodromus griseus</i>)								1		1			2
Bécassine de Wilson (<i>Gallinago delicata</i>)					1			1		1	1	1	5
Bec-croisé bifascié (<i>Loxia leucoptera</i>)			1	1	1		1						4
Bec-croisé des sapins (<i>Loxia curvirostra</i>)	1												1
Bernache de Hutchins (<i>Branta hutchinsii</i>)												1	1
Bernache du Canada (<i>Branta canadensis</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	11
Bihoreau gris (<i>Nycticorax nycticorax</i>)		1											1
Bruant à couronne blanche (<i>Zonotrichia leucophrys</i>)				1			1	1	1	1	1	1	7
Bruant à gorge blanche (<i>Zonotrichia albicollis</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		11
Bruant chanteur (<i>Melospiza melodia</i>)*	1	1	1	1	1	1	1		1				8
Bruant de Le Conte (<i>Ammodramus leconteii</i>)							1						1
Bruant de Lincoln (<i>Melospiza lincolni</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			10
Bruant de Nelson (<i>Ammodramus nelsoni</i>)							1						1
Bruant des champs (<i>Spizella pusilla</i>)	1	1											2
Bruant des marais (<i>Melospiza georgiana</i>)	1	1	1		1	1	1	1	1	1			9
Bruant des prés (<i>Passerculus sandwichensis</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Bruant familier (<i>Spizella passerina</i>)	1	1	1	1	1	1	1						7
Bruant fauve (<i>Passerella iliaca</i>)			1	1	1	1	1	1	1		1	1	9
Bruant hudsonien (<i>Spizelloides arborea</i>)											1	1	2
Bruant vespéral (<i>Poocetes gramineus</i>)	1	1											2
Busard Saint-Martin (<i>Circus cyaneus</i>)	1	1	1	1	1	1	1			1			8
Buse à queue rousse (<i>Buteo jamaicensis</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1		1			9
Buse pattue (<i>Buteo lagopus</i>)									1	1		1	3

ANNEXE 6 (SUITE) – ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉS DANS LES RÉGIONS AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016 et Integrated Taxonomic Information System, 2016)

ESPÈCES ¹	27-Haute-Côte-Nord ²	28-Manicouagan	29-Sept-Rivières	30-Minganie	40-Chibougamau	41-Pipmuacon	42-Mistassini	43-René-Levasseur	44-Basse-Côte-Nord	45-Baie-James	46-Baie-d'Hudson	47-Ungava	Total
Canard branchu (<i>Aix sponsa</i>)	1	1				1							3
Canard chipeau (<i>Anas strepera</i>)		1		1									2
Canard colvert (<i>Anas platyrhynchos</i>)*	1	1	1	1	1	1	1		1				8
Canard d'Amérique (<i>Anas americana</i>)	1	1	1				1						4
Canard noir (<i>Anas rubripes</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Canard pilet (<i>Anas acuta</i>)*	1	1		1						1	1	1	6
Carouge à épaulettes (<i>Agelaius phoeniceus</i>)	1	1			1		1			1			5
Chardonneret jaune (<i>Spinus tristis</i>)	1	1	1	1	1				1				6
Chevalier grivelé (<i>Actitis macularius</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		11
Chevalier solitaire (<i>Tringa solitaria</i>)					1	1	1	1		1	1		6
Chouette épervière (<i>Surnia ulula</i>)			1		1	1	1	1					5
Chouette lapone (<i>Strix nebulosa</i>)					1								1
Colibri à gorge rubis (<i>Archilochus colubris</i>)	1	1	1	1									4
Cormoran à aigrettes (<i>Phalacrocorax auritus</i>)	1	1	1	1									4
Corneille d'Amérique (<i>Corvus brachyrhynchos</i>)*	1	1	1	1	1	1	1		1	1			9
Coulicou à bec noir (<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>)	1	1											2
Crécerelle d'Amérique (<i>Falco sparverius</i>)*	1	1		1	1	1		1				1	7
Cygne siffleur (<i>Cygnus columbianus</i>)											1		1
Cygne trompette (<i>Cygnus buccinator</i>)					1								1
Durbec des sapins (<i>Pinicola enucleator</i>)		1		1							1		3
Eider à duvet (<i>Somateria mollissima</i>)	1	1	1	1					1		1		6
Engoulevent d'Amérique (<i>Chordeiles minor</i>)	1	1	1		1	1	1	1					7
Épervier brun (<i>Accipiter striatus</i>)*		1	1	1	1	1	1	1					7
Étourneau sansonnet (<i>Sturnus vulgaris</i>)*	1	1	1	1	1	1	1		1	1			9
Faucon émerillon (<i>Falco columbarius</i>)	1	1	1	1	1	1		1					7
Faucon gerfaut (<i>Falco rusticolus</i>)											1		1
Faucon pèlerin (<i>Falco peregrinus</i>)	1	1									1		3
Fuligule à collier (<i>Aythya collaris</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1		1			9
Fuligule milouinan (<i>Aythya marila</i>)									1		1		2
Garrot à oeil d'or (<i>Bucephala clangula</i>)	1	1	1	1	1	1		1	1				8
Garrot d'Islande (<i>Bucephala islandica</i>)			1			1		1					3
Geai bleu (<i>Cyanocitta cristata</i>)		1											1

ANNEXE 6 (SUITE) – ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉS DANS LES RÉGIONS AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016 et Integrated Taxonomic Information System, 2016)

ESPÈCES ¹	27-Haute-Côte-Nord ²	28-Manicouagan	29-Sept-Rivières	30-Minganie	40-Chibougamau	41-Pipmuacan	42-Mistassini	43-René-Levasseur	44-Basse-Côte-Nord	45-Baie-James	46-Baie-d'Hudson	47-Ungava	Total
Gélinotte huppée (<i>Bonasa umbellus</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Goéland à bec cerclé (<i>Larus delawarensis</i>)*	1	1	1	1		1			1				6
Goéland arctique (<i>Larus glaucooides</i>)												1	1
Goéland argenté (<i>Larus argentatus</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Goéland bourgmestre (<i>Larus hyperboreus</i>)												1	1
Goéland marin (<i>Larus marinus</i>)	1	1	1	1					1			1	6
Grand Chevalier (<i>Tringa melanoleuca</i>)			1	1	1	1	1	1		1			7
Grand Corbeau (<i>Corvus corax</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Grand Cormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)				1					1				2
Grand Harle (<i>Mergus merganser</i>)	1	1		1	1	1	1	1	1		1		9
Grand Héron (<i>Ardea herodias</i>)*	1	1	1	1	1	1	1						7
Grand Pic (<i>Dryocopus pileatus</i>)	1	1			1	1							4
Grand-duc d'Amérique (<i>Bubo virginianus</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1			1		9
Grèbe à bec bigarré (<i>Podilymbus podiceps</i>)	1			1	1								3
Grimpereau brun (<i>Certhia americana</i>)		1	1	1	1	1	1						6
Grive à dos olive (<i>Catharus ustulatus</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Grive à joues grises (<i>Catharus minimus</i>)											1		1
Grive fauve (<i>Catharus fuscescens</i>)	1					1							2
Grive solitaire (<i>Catharus guttatus</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1		1			9
Gros-bec errant (<i>Hesperiphona vespertina</i>)	1	1				1							3
Grue du Canada (<i>Grus canadensis</i>)					1		1			1		1	4
Guillemot à miroir (<i>Cephus grylle</i>)			1	1					1			1	4
Guillemot marmette (<i>Uria aalge</i>)			1	1					1				3
Harelde kakawi (<i>Clangula hyemalis</i>)												1	1
Harfang des neiges (<i>Bubo scandiacus</i>)												1	1
Harle couronné (<i>Lophodytes cucullatus</i>)	1	1	1		1	1	1	1		1			8
Harle huppé (<i>Mergus serrator</i>)		1		1				1	1	1	1	1	7
Hibou moyen-duc (<i>Asio otus</i>)							1						1
Hirondelle à front blanc (<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>)	1	1			1	1							4
Hirondelle bicolore (<i>Tachycineta bicolor</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		11
Hirondelle de rivage (<i>Riparia riparia</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	10
Hirondelle rustique (<i>Hirundo rustica</i>)	1	1	1	1	1	1	1						7

ANNEXE 6 (SUITE) – ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉS DANS LES RÉGIONS AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016 et Integrated Taxonomic Information System, 2016)

ESPÈCES ¹	27-Haute-Côte-Nord ²	28-Manicouagan	29-Sept-Rivières	30-Minganie	40-Chibougamau	41-Pipmuacan	42-Mistassini	43-René-Levasseur	44-Basse-Côte-Nord	45-Baie-James	46-Baie-d'Hudson	47-Ungava	Total
Jaseur boréal (<i>Bombycilla garrulus</i>)								1		1			2
Jaseur d'Amérique (<i>Bombycilla cedrorum</i>)	1	1	1		1	1	1	1		1			8
Junco ardoisé (<i>Junco hyemalis</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Lagopède alpin (<i>Lagopus muta</i>)											1	1	2
Lagopède des saules (<i>Lagopus lagopus</i>)				1						1	1	1	4
Lagopède sp. (<i>Lagopus</i> sp.)												1	1
Macareux moine (<i>Fratercula arctica</i>)				1					1				2
Macreuse à front blanc (<i>Melanitta perspicillata</i>)	1		1			1		1		1	1		6
Martin-pêcheur d'Amérique (<i>Megaceryle alcyon</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			10
Merle d'Amérique (<i>Turdus migratorius</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Merlebleu de l'Est (<i>Sialia sialis</i>)	1	1	1	1	1	1							6
Mésange à tête brune (<i>Poecile hudsonicus</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Mésange à tête noire (<i>Poecile atricapillus</i>)*	1	1	1	1	1	1							6
Mésangeai du Canada (<i>Perisoreus canadensis</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Moineau domestique (<i>Passer domesticus</i>)*	1		1		1								3
Moqueur chat (<i>Dumetella carolinensis</i>)*	1	1											2
Moqueur polyglotte (<i>Mimus polyglottos</i>)	1	1		1									3
Moucherolle à côtés olive (<i>Contopus cooperi</i>)			1	1	1	1		1		1			6
Moucherolle à ventre jaune (<i>Empidonax flaviventris</i>)		1			1	1							3
Moucherolle des aulnes (<i>Empidonax alnorum</i>)	1	1	1		1	1		1		1			7
Moucherolle tchébec (<i>Empidonax minimus</i>)	1	1		1	1	1							5
Mouette de Bonaparte (<i>Chroicocephalus philadelphia</i>)					1		1	1					3
Mouette tridactyle (<i>Rissa tridactyla</i>)	1	1	1	1									4
Nyctale de Tengmalm (<i>Aegolius funereus</i>)				1							1		2
Océanite cul-blanc (<i>Oceanodroma leucorhoa</i>)			1										1
Oie des neiges (<i>Chen caerulescens</i>)												1	1
Paruline à calotte noire (<i>Cardellina pusilla</i>)	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	10
Paruline à collier (<i>Setophaga americana</i>)	1	1				1							3
Paruline à couronne rousse (<i>Setophaga palmarum</i>)		1		1	1	1	1				1		6
Paruline à croupion jaune (<i>Setophaga coronata</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Paruline à flancs marron (<i>Setophaga pensylvanica</i>)	1	1	1		1	1							5

ANNEXE 6 (SUITE) – ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉS DANS LES RÉGIONS AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016 et Integrated Taxonomic Information System, 2016)

ESPÈCES ¹	27-Haute-Côte-Nord ²	28-Manicouagan	29-Sept-Rivières	30-Minganie	40-Chibougamau	41-Pipmuacan	42-Mistassini	43-René-Levasseur	44-Basse-Côte-Nord	45-Baie-James	46-Baie-d'Hudson	47-Ungava	Total
Paruline à gorge grise (<i>Oporornis agilis</i>)					1								1
Paruline à gorge noire (<i>Setophaga virens</i>)	1	1	1	1	1	1			1				7
Paruline à gorge orangée (<i>Setophaga fusca</i>)	1	1	1										3
Paruline à joues grises (<i>Leiothlypis ruficapilla</i>)	1	1	1	1	1	1							6
Paruline à poitrine baie (<i>Setophaga castanea</i>)	1	1	1	1	1	1							6
Paruline à tête cendrée (<i>Setophaga magnolia</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Paruline bleue (<i>Setophaga caerulescens</i>)	1	1				1							3
Paruline couronnée (<i>Seiurus aurocapilla</i>)	1	1			1								3
Paruline des ruisseaux (<i>Parkesia noveboracensis</i>)	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	10
Paruline du Canada (<i>Cardellina canadensis</i>)	1	1				1	1						4
Paruline flamboyante (<i>Setophaga ruticilla</i>)	1	1	1	1	1	1		1					7
Paruline jaune (<i>Setophaga petechia</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Paruline masquée (<i>Geothlypis trichas</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Paruline noir et blanc (<i>Mniotilta varia</i>)		1		1	1	1	1	1					6
Paruline obscure (<i>Leiothlypis peregrina</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1				9
Paruline rayée (<i>Setophaga striata</i>)		1		1		1		1	1	1	1	1	8
Paruline tigrée (<i>Setophaga tigrina</i>)	1	1	1			1							4
Paruline triste (<i>Geothlypis philadelphia</i>)	1	1			1	1							4
Paruline verdâtre (<i>Leiothlypis celata</i>)					1		1	1	1	1		1	6
Petit Chevalier (<i>Tringa flavipes</i>)								1					1
Petit Fuligule (<i>Aythya affinis</i>)						1		1					2
Petit Garrot (<i>Bucephala albeola</i>)		1	1		1	1	1			1	1		7
Petit Pingouin (<i>Alca torda</i>)	1	1	1	1					1				5
Petite Buse (<i>Buteo platypterus</i>)	1	1			1	1							4
Petite Nyctale (<i>Aegolius acadicus</i>)		1		1	1								3
Phalarope à bec étroit (<i>Phalaropus lobatus</i>)								1				1	2
Pic à dos noir (<i>Picoides arcticus</i>)		1		1	1	1	1	1		1			7
Pic à dos rayé (<i>Picoides dorsalis</i>)		1	1		1	1	1	1		1			7
Pic chevelu (<i>Picoides villosus</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Pic flamboyant (<i>Colaptes auratus</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1		1			9
Pic maculé (<i>Sphyrapicus varius</i>)	1	1			1	1	1						5
Pic mineur (<i>Picoides pubescens</i>)	1	1	1	1	1	1		1	1				8

ANNEXE 6 (SUITE) – ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉS DANS LES RÉGIONS AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016 et Integrated Taxonomic Information System, 2016)

ESPÈCES ¹	27-Haute-Côte-Nord ²	28-Manicouagan	29-Sept-Rivières	30-Minganie	40-Chibougamau	41-Pipmuacan	42-Mistassini	43-René-Levasseur	44-Basse-Côte-Nord	45-Baie-James	46-Baie-d'Hudson	47-Ungava	Total
Pie-grièche grise (<i>Lanius excubitor</i>)									1		1		2
Pigeon biset (<i>Columba livia</i>)*		1		1									2
Pipit d'Amérique (<i>Anthus rubescens</i>)								1	1		1	1	4
Bruant des neiges (<i>Plectrophenax nivalis</i>)											1		1
Bruant lapon (<i>Calcarius lapponicus</i>)											1		1
Plongeon catmarin (<i>Gavia stellata</i>)				1					1		1	1	4
Plongeon du Pacifique (<i>Gavia pacifica</i>)												1	1
Plongeon huard (<i>Gavia immer</i>)	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	10
Pluvier bronzé (<i>Pluvialis dominica</i>)												1	1
Pluvier kildir (<i>Charadrius vociferus</i>)*	1	1	1	1	1	1	1	1	1				9
Pluvier semipalmé (<i>Charadrius semipalmatus</i>)								1		1	1	1	4
Pygargue à tête blanche (<i>Haliaeetus leucocephalus</i>)		1		1	1	1	1	1		1	1		8
Quiscale bronzé (<i>Quiscalus quiscula</i>)*	1	1	1	1	1	1	1		1				8
Quiscale rouilleux (<i>Euphagus carolinus</i>)	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	11
Roitelet à couronne dorée (<i>Regulus satrapa</i>)	1	1	1	1	1	1	1						7
Roitelet à couronne rubis (<i>Regulus calendula</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		10
Roselin pourpré (<i>Haemorhous purpureus</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Sarcelle à ailes bleues (<i>Anas discors</i>)		1											1
Sarcelle d'hiver (<i>Anas crecca</i>)*	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	11
Sittelle à poitrine rousse (<i>Sitta canadensis</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Sizerin flammé (<i>Acanthis flammea</i>)									1	1	1	1	4
Sterne arctique (<i>Sterna paradisaea</i>)			1	1				1		1	1	1	6
Sterne caspienne (<i>Hydroprogne caspia</i>)				1									1
Sterne pierregarin (<i>Sterna hirundo</i>)		1	1	1	1	1	1	1	1	1			9
Tarin des pins (<i>Spinus pinus</i>)		1	1			1							3
Tétras à queue fine (<i>Tympanuchus phasianellus</i>)					1		1						2
Tétras du Canada (<i>Falci pennis canadensis</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Tourterelle triste (<i>Zenaida macroura</i>)*	1	1	1	1									4
Traquet motteux (<i>Oenanthe oenanthe</i>)												1	1
Troglodyte des forêts (<i>Troglodytes hiemalis</i>)	1	1		1	1	1	1						6
Tyrann tritri (<i>Tyrannus tyrannus</i>)	1	1			1								3

ANNEXE 6 (SUITE) – ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉS DANS LES RÉGIONS AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016 et Integrated Taxonomic Information System, 2016)

ESPÈCES ¹	27-Haute-Côte-Nord ²	28-Manicouagan	29-Sept-Rivières	30-Minganie	40-Chibougamau	41-Pipmuacan	42-Mistassini	43-René-Levasseur	44-Basse-Côte-Nord	45-Baie-James	46-Baie-d'Hudson	47-Ungava	Total
Vacher à tête brune (<i>Molothrus ater</i>)	1												1
Viréo à tête bleue (<i>Vireo solitarius</i>)	1	1	1		1	1	1						6
Viréo aux yeux rouges (<i>Vireo olivaceus</i>)	1	1	1		1	1	1	1					7
Viréo de Philadelphie (<i>Vireo philadelphicus</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1					8
Total	111	125	97	98	109	108	84	83	54	63	49	64	1045

¹ **Remarque importante :** les données utilisées pour produire ce tableau sont provisoires et n'ont pas encore été toutes révisées; elles sont donc sujettes à changement. Ce tableau est rendu disponible dans l'intérêt du public, en particulier celui des participants inscrits au projet d'atlas sur le site de l'atlas. **Ces données étaient à jour en date du 24 février 2016.**

² Les régions numérotées sont présentées à la figure de la page suivante (tirée et adaptée de : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016).

³ En gras : Espèces qui ont été observés dans au moins 9 des 12 régions déterminées par l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec.

* Espèces utilisées actuellement pour l'évaluation du risque écotoxicologique au Québec.

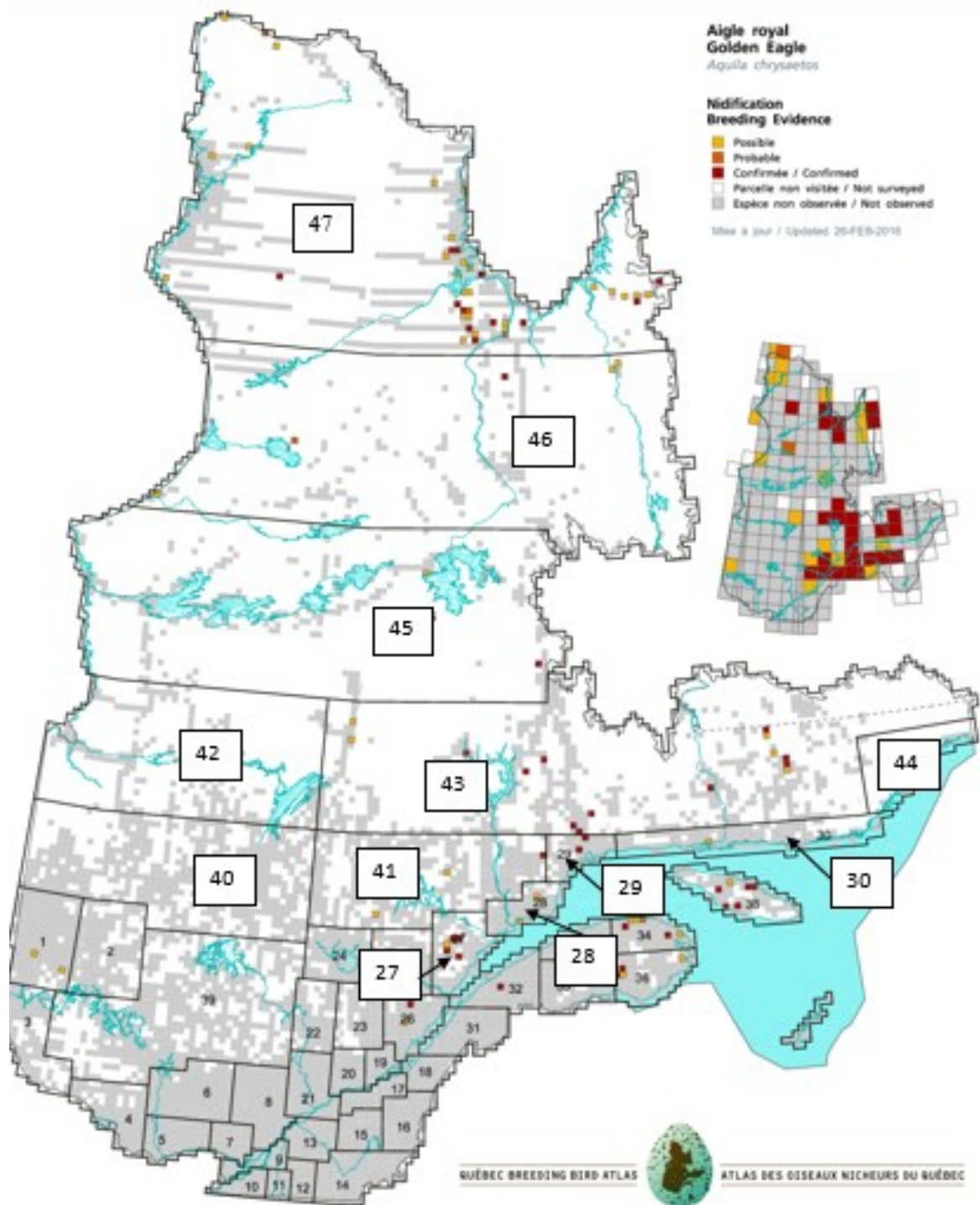








Figure A.1 Carte présentant les régions étudiées (tiré de : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2016)

RÉFÉRENCE DE L'ANNEXE 6

Integrated Taxonomic Information System (ITIS; 2016). Home. Repéré sur le site de ITIS:
<http://www.itis.gov/>

ANNEXE 7 – ESPÈCES DE MAMMIFÈRES TERRESTRES AYANT UNE RÉPARTITION S'ÉTENDANT AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (CEAEQ, 2010b; Desrosiers et al., 2002; MFFP, 2013a; Fédération canadienne de la faune, s. d.a; Burt et Grossenheider, 1992; Prescott et Richard, 1996)

ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹	RÉPARTITION
Campagnol à dos roux de Gapper (<i>Myodes gapperi</i>)		Cette espèce est largement répartie dans presque toutes les régions du Québec et ce jusqu'au 60e parallèle.
Campagnol des champs (<i>Microtus pennsylvanicus</i>)*		Ce campagnol a été souvent observé dans toutes les régions du Québec.
Campagnol-lemming boréal (<i>Synaptomys borealis</i>)		Le campagnol-lemming boréal est présent dans toute la partie septentrionale de l'Amérique du Nord, du Labrador jusqu'à l'Alaska. Quelques mentions isolées de l'Atlas sont localisées au Saguenay-Lac-St-Jean et sur la Côte-Nord.
Caribou migrateur (<i>Rangifer tarandus</i>)		Au Canada, on trouve des caribous à partir de la frontière canado-américaine jusque dans le nord de l'île d'Ellesmere. Depuis la colonisation européenne, la limite méridionale de l'aire de répartition des caribous a reculé vers le nord, et ce recul se poursuit encore aujourd'hui.
Castor du Canada (<i>Castor canadensis</i>)		Le castor vit dans toutes les régions du Canada; vers le Nord, son aire s'étend jusqu'à l'embouchure du fleuve Mackenzie et de la rivière Coppermine, dans l'océan Arctique.
Condylure étoilé (<i>Condylura cristata</i>)*		Au Québec, des observations de cette espèce ont été faites depuis le sud de la Montérégie et de l'Estrie, jusqu'à la rive est de la Baie d'Hudson à la hauteur du 55e parallèle.







ANNEXE 7 (SUITE) – ESPÈCES DE MAMMIFÈRES TERRESTRES AYANT UNE RÉPARTITION S'ÉTENDANT AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (CEAEQ, 2010b; Desrosiers et al., 2002; MFFP, 2013a; Fédération canadienne de la faune, s. d.a; Burt et Grossenheider, 1992; Prescott et Richard, 1996)

ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹	RÉPARTITION
Écureuil roux (<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>)		On trouve cette espèce presque partout au Canada et en Alaska à l'exception d'Anticosti. Elle fut introduite à Terre-Neuve en 1963. L'écureuil roux est présent dans le nord-est des États-Unis ainsi que dans les Rocheuses.
Hermine (<i>Mustela erminea</i>)*		Au Québec, l'Hermine se trouve sur l'ensemble du territoire de la province.
Lemming d'Ungava (<i>Dicrostonyx hudsonius</i>)		Ce micromammifère vit uniquement dans la toundra arctique au nord du Québec et du Labrador. Il est présent dans la péninsule de l'Ungava. Des populations de lemmings vivent près de Shefferville et du lac Michikamau.
Lièvre arctique (<i>Lepus arcticus</i>)		Il habite la toundra, au-delà de la limite des arbres. Il fréquente les pentes rocailleuses, les plaines basses en été et parfois les zones boisées en hiver.
Lièvre d'Amérique (<i>Lepus americanus</i>)		Il vit dans la forêt boréale et les prolongements méridionaux de cette forêt, le long des Appalaches dans l'est et le long des Rocheuses et de la chaîne des Cascades dans l'ouest.
Loup gris (<i>Canis lupus</i>)		Son habitat est très varié: toundra arctique, forêt subarctique, forêt boréale, forêt mixte.





ANNEXE 7 (SUITE) – ESPÈCES DE MAMMIFÈRES TERRESTRES AYANT UNE RÉPARTITION S'ÉTENDANT AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (CEAEQ, 2010b; Desrosiers et al., 2002; MFFP, 2013a; Fédération canadienne de la faune, s. d.a; Burt et Grossenheider, 1992; Prescott et Richard, 1996)

ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹	RÉPARTITION
Loutre de rivière (<i>Lontra canadensis</i>)*		Au Québec, elle fréquente presque tout le territoire, mais, à part quelques exceptions, elle demeure rare au nord de la limite des arbres.
Lynx du Canada (<i>Lynx canadensis</i>)		L'aire de répartition du lynx est essentiellement la région de forêts boréales (les forêts les plus au nord) de l'Amérique du Nord, également occupée par les lièvres d'Amérique.
Marmotte commune (<i>Marmota monax</i>)*		L'aire de répartition de la marmotte commune couvre une vaste partie de l'Amérique du Nord et s'étend notamment dans l'Est, de l'Alabama et de la Géorgie aux États-Unis jusqu'à dans le Nord du Québec et de l'Ontario.
Martre (<i>Martes americana</i>)		On la retrouve dans les zones boisées du centre et du Nord du Canada, dans le Nord des États-Unis, et plus au sud, dans les Rocheuses.
Musaraigne cendrée (<i>Sorex cinereus</i>)*		L'espèce de musaraigne plus abondante au Canada. Elle possède également la plus vaste répartition. Au Québec, elle a été observée dans toutes les régions, depuis le sud de la Montérégie jusqu'à la Baie d'Ungava.
Musaraigne pygmée (<i>Sorex hoyi</i>)		Jusqu'à la Baie d'Hudson au nord à l'exception de la toundra. Au Québec, l'espèce est assez largement répartie, depuis le sud de l'Estrie jusqu'à la Baie d'Ungava.

ANNEXE 7 (SUITE) – ESPÈCES DE MAMMIFÈRES TERRESTRES AYANT UNE RÉPARTITION S'ÉTENDANT AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (CEAEQ, 2010b; Desrosiers et al., 2002; MFFP, 2013a; Fédération canadienne de la faune, s. d.a; Burt et Grossenheider, 1992; Prescott et Richard, 1996)

ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹	RÉPARTITION
Orignal (<i>Alces americanus</i>)		L'orignal occupe la forêt canadienne des frontières de l'Alaska jusqu'à la pointe est de Terre-Neuve et du Labrador.
Ours noir (<i>Ursus americanus</i>)*		Au Québec, l'ours est absent de l'île d'Anticosti, où il a déjà été présent, des îles de la Madeleine et de l'Extrême Nord de la province, soit au nord du 57 ^e parallèle.
Phénacomys (<i>Phenacomys intermedius</i>)	 (adaptée de Desrosiers et al., 2002)	Les observations de l'Atlas se retrouvent toutes sur la rive nord du Saint-Laurent jusqu'à la Baie d'Ungava.
Phoque annelé (<i>Pusa hispida</i>)		En hiver et une bonne partie de l'année, il est principalement à l'abri sur la banquise côtière, certains fréquentent aussi la banquise ferme. En été, il utilise les glaces stables le long des côtes.
Porc-épic (<i>Erethizon dorsatum</i>)		Le porc-épic fréquente toute une gamme de zones de végétation en Amérique du Nord, du milieu semi-désertique à la toundra.
Rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i>)*		Au Québec, il se trouve pratiquement partout à l'exception de l'Extrême Nord de la province. Il fréquente les milieux aquatiques comme les lacs peu profonds et les zones calmes des ruisseaux.

ANNEXE 7 (SUITE) – ESPÈCES DE MAMMIFÈRES TERRESTRES AYANT UNE RÉPARTITION S'ÉTENDANT AU NORD DU 49^E PARALLÈLE (CEAEQ, 2010b; Desrosiers et al., 2002; MFFP, 2013a; Fédération canadienne de la faune, s. d.a; Burt et Grossenheider, 1992; Prescott et Richard, 1996)

ESPÈCES	CARTE DE RÉPARTITION ¹	RÉPARTITION
Renard arctique (<i>Vulpes lagopus</i>)		Il habite principalement la toundra arctique, de la limite des arbres à la banquise, surtout le long des côtes. Au Canada, on trouve ce petit mammifère de la pointe septentrionale de l'île d'Ellesmere jusqu'à la pointe méridionale de la baie James.
Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>)*		Le renard roux est l'un des mammifères les plus répandus au Canada. On le trouve dans toutes les provinces et dans les territoires.
Souris sauteuse des champs (<i>Zapus hudsonius</i>)		Elle a été observée dans la plupart des régions du Québec.
Vison d'Amérique (<i>Mustela vison</i>)*		Au Québec, l'espèce est trouvée partout au sud de la limite des arbres, sauf à l'île d'Anticosti.

¹Cartes de répartition tirées de : IUCN, 2015. Seules les espèces ayant une répartition au nord du 49^e parallèle et dépassant le 51^e parallèle ont été retenues. En jaune : aire de résidence de l'espèce; en orange pâle : aire de mouvement et en orange foncé : aire de reproduction de l'espèce.

* Espèces utilisées actuellement pour l'évaluation du risque écotoxicologique au Québec.

ANNEXE 8 – SECTEURS D’ACTIVITÉ INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE SUSCEPTIBLES DE CONTAMINER LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES (adapté de : MDDELCC, 1998)

Grands-groupes, description	Description des sous-groupes	Utilisation		
		1	2	3
Mines	Mines d'or	x	x	x
	Mines de cuivre	x	x	x
	Mines de zinc	x	x	x
	Mines de fer	x	x	x
	Autres mines de métaux	x	x	x
	Mines d'amiante	x	x	x
Extraction du pétrole et du gaz naturel	Extraction du pétrole et du gaz naturel	x	x	x
Industries des produits en caoutchouc	Industries des pneus et chambres à air	x	x	x
	Industries des boyaux et courroies en caoutchouc			x
	Autres industries des produits en caoutchouc			x
Industries des produits en matière plastique	Industries des produits en matière plastique en mousse et soufflée			x
	Industries des tuyaux et raccords de tuyauterie en matière plastique			x
	Industries des pellicules et feuilles en matière plastique			x
	Industries des produits en matière plastique stratifiée sous pression ou renforcée			x
	Industries des produits d'architecture en matière plastique			x
	Industries des contenants en matière plastique (sauf en mousse)			x
	Industries des sacs en matière plastique			x
	Autres industries de produits en matière plastique			x
Industries du cuir et produits connexes	Tanneries	x	x	x
Industries des produits textiles	Industries du feutre et du traitement des fibres naturelles			x
	Industries du tapis, carpettes et moquettes			x
	Industries de la teinture et du finissage à façon			x
Industries du bois	Industries des produits de scieries et d'ateliers de rabotage			x
	Contre-plaqué de feuillus et de résineux			x
	Préservation du bois	x	x	x
	Industries des panneaux agglomérés	x	x	x
Industries du papier et des produits en papier (Note : les actions seront harmonisées avec le PRRI)	Industries des pâtes et papiers	x	x	x
	Industries du papier journal	x	x	x
	Industries du carton	x	x	x
	Industries des panneaux et papiers de construction	x	x	x
	Autres industries du papier	x	x	x
	Industries du papier à couverture asphalté	x	x	x
Industries de première transformation des métaux	Industries des ferro-alliages	x	x	x
	Fonderies d'acier	x	x	x
	Autres industries sidérurgiques	x	x	x
	Industries des tubes et tuyaux en acier	x	x	x
	Fonderies de fer	x	x	x
	Production d'aluminium de première fusion	x	x	x
	Autres industries de la fonte et de l'affinage de métaux non ferreux	x	x	x
	Laminage de l'aluminium			x
	Moulage et extrusion de l'aluminium			x

ANNEXE 8 (SUITE) – SECTEURS D'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE SUSCEPTIBLES DE CONTAMINER LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES (adapté de : MDDELCC, 1998)

Grands-groupes, description	Description des sous-groupes	Utilisation		
		1	2	3
Industries de première transformation des métaux	Laminage, moulage et extrusion du cuivre et ses alliages			x
	Autres industries du laminage, du moulage et de l'extrusion de métaux non ferreux			x
Industries (de la fabrication) des produits métalliques (sauf machinerie et matériel de transport)	Industries des produits en tôle forte			x
	Industries des portes et fenêtres en métal			x
	Autres industries des produits métalliques d'ornement et d'architecture			x
	Revêtement sur commande de produits en métal	x	x	x
	Industries des contenants et fermetures en métal			x
	Industries des fils et des câbles métalliques			x
	Autres industries des produits en fils métallique (électrodes de soudage)	x	x	x
	Ateliers d'usinage			x
	Industries des soupapes en métal			x
	Autres industries de produits en métal			x
Industries (de la fabrication) du matériel de transport	Industries des aéronefs et des pièces d'aéronefs			x
	Industries des véhicules automobiles			x
	Industries du matériel ferroviaire roulant			x
	Industries de la construction et de la réparation de navires			x
Industries (de la fabrication) de produits électriques et électroniques	Industries des transformateurs électriques			x
	Industries du matériel électrique de commutation et de protection			x
	Autres industries du matériel électrique d'usage industriel			x
	Industries des fils et des câbles électriques			x
	Accumulateurs	x	x	x
Industries des produits du pétrole et du charbon	Produits pétroliers raffinés (sauf huiles et graisses)	x	x	x
	Huiles de graissage et graisses lubrifiantes	x	x	x
	Autres industries des produits du pétrole et du charbon (sauf les fabricants de béton bitumineux)	x	x	x
Industries chimiques	Produits chimiques inorganiques d'usage industriel	x	x	x
	Produits chimiques organiques d'usage industriel	x	x	x
	Autres industries des produits chimiques d'usage agricole	x	x	x
	Matières plastiques et résines synthétiques	x	x	x
	Peintures et vernis	x	x	x
	Encres d'imprimeries	x	x	x
	Adhésifs	x	x	x
	Explosifs et munitions	x	x	x
	Autres industries des produits chimiques	x ¹	x ¹	x ¹
Transports (par air, par eau et sur rails de voyageurs et de marchandises). Sont exclus le camionnage, les transports en commun et les taxis	Exploitation et entretien d'aéroports			x
	Entretien des aéronefs			x
	Services relatifs aux transports ferroviaires (gares, terminus, nettoyage des wagons)			x
	Manutention de cargaison dans les ports			x
	Autres services relatifs au transport par eau (écluses, phares, quais)			x

ANNEXE 8 (SUITE) – SECTEURS D'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE SUSCEPTIBLES DE CONTAMINER LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES (adapté de : MDDELCC, 1998)

Grands-groupes, description		Utilisation		
		1	2	3
Transports par pipelines de produits pétroliers et d'autres produits (sauf gaz naturel)				x
Autres services publics	Production et distribution d'électricité (poste de transformation seulement)			x
	Autres services publics (exploitation de dépotoirs, incinérateurs, dépôts de neige usée)			x
Commerces de gros de produits pétroliers	Commerces de gros de produits pétroliers	x ¹	x ¹	x
Commerces de gros de produits divers	Récupération et démontage d'automobiles			x
	Commerce de gros de ferraille et vieux métaux			x
	Autres commerces de gros de rebuts et de matériaux de récupération			x ¹
	Commerce de gros de produits chimiques (d'usage agricole) et autres fournitures agricoles			x
	Commerce de gros de produits chimiques d'usage ménager et industriel			x ¹
Commerces de détail de véhicules automobiles, pièces et accessoires	Stations-service			x
AUTRES ACTIVITÉS				
L'entreposage après excavation de matières résiduelles et de sols contaminés				x
Les centres de transfert de matières résiduelles et de sols contaminés		x		x
Les dépôts définitifs de matières résiduelles ³ et de sols contaminés		x	x	x
Le traitement (mécanique, chimique, mécanico-chimique, biologique, thermique, etc.) de matières résiduelles et de sols contaminés		x ²	x ²	x

Utilisation 1 : application du volet protection décrit au chapitre 5 de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (la Politique).

Utilisation 2 : application du programme d'intervention prévu à la section 6.4 de la Politique.

Utilisation 3 : établissement obligatoire d'un profil environnemental à l'intérieur d'un projet de réutilisation prévu à la section 6.2 de la Politique.

¹ Seulement une partie de cette activité est visée.

² Seulement si les installations de traitement sont fixes.

³ Excluant les dépôts définitifs de déchets solides (lieux d'enfouissement sanitaire, dépôts de matériaux secs, etc.).

ANNEXE 9 – CRITÈRES DES SOLS DISPONIBLES DU CCME ET DE LA BASE DE DONNÉES DÉVELOPPÉE DANS LE CADRE DU PASCF (adaptée de M. Cormier, courriel, 8 juin 2016)

Nom chimique	Valeur recommandée	Unités	Application	Récepteurs	Description de l'objectif de protection	Objectif opérationnel de protection	Principale compétence concernée	Référence(s)*
Aluminium	10 000	mg/kg	Objectif de nettoyage du sol	Ressources écologiques	Protection des ressources écologiques	S.O.	New York	NYDEC, 2010
	50	mg/kg p.s.		Plantes	Effets phytotoxiques minimes sur le biote végétal	10e centile de la distribution des CME0	États-Unis	ORNL, 1997b; EPA, 2001
	600	mg/kg p.s.		Microorganismes	Effets minimes sur les processus microbiens	10e centile de la distribution des CME0 pour les processus microbiens	États-Unis - Ministère de l'Environnement (DOE)	ORNL, 1997a
	50	mg/kg p.s.	pH < 5,5	Plantes	Effets minimes sur les récepteurs en contact direct avec le sol	Moyenne géométrique des valeurs de CE ₂₀ pour les plantes	États-Unis	EPA, 2003; Bachman, 2008
Béryllium	5	mg/kg p.s.	Utilisations agricoles/résidentielles	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	La plus faible protection entre la protection des organismes en contact direct (25 ^e centile des valeurs de CE ₂₅), la protection de la vie aquatique contre l'exposition aux eaux souterraines (modélisée d'après les recommandations relatives à la qualité des eaux), des consommateurs tertiaires (DSENO avec facteur d'incertitude) ou de la santé humaine	Alberta	Alberta Environment, 2010
	8	mg/kg p.s.	Utilisations commerciales/industrielles	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Alberta	Alberta Environment, 2010
	4	mg/kg p.s.	Terres agricoles	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Canada	CCME, 2006
	4	mg/kg p.s.	Utilisations résidentielles/parcs	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Canada	CCME, 2006
	8	mg/kg p.s.	Utilisations commerciales	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Canada	CCME, 2006
	8	mg/kg p.s.	Utilisations industrielles	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Canada	CCME, 2006
	1,1	mg/kg p.s.	CMA	Toutes les espèces	Effets minimes sur la plupart des espèces	5 ^e centile de la distribution des CSEO	Pays-Bas	Verbuggen et al., 2001; Crommentuijn et al., 1997; EPA,2001
	30	mg/kg p.s.	Concentration associée à un risque grave	Toutes les espèces	Protéger les écosystèmes contre les dommages graves	50 ^e centile de la distribution de la CSEO	Pays-Bas	Verbuggen et coll., 2001
	5	mg/kg p.s.	Sol à texture fine, Sol de surface, utilisations résidentielles/parcs, conditions d'eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Protéger la santé humaine, les plantes, les organismes vivant dans le sol, les mammifères et les espèces aviaires, et protéger contre le lessivage vers les eaux souterraines et la migration dans l'air	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011
	4	mg/kg p.s.	Sol à texture grossière, Sol de surface, utilisations résidentielles/parcs, conditions d'eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Idem	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011
	60	mg/kg p.s.	Couche inférieure du sol, conditions d'eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Idem	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011
	10	mg/kg p.s.	Sol à texture fine, Sol de surface, utilisations industrielles/commerciales, conditions d'eaux souterraines non potables. conditions	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Idem	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011
	8	mg/kg p.s.	Sol à texture grossière, Sol de surface, utilisations résidentielles/parcs, conditions d'eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Idem	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011

ANNEXE 9 (SUITE) – CRITÈRES DES SOLS DISPONIBLES DU CCME ET DE LA BASE DE DONNÉES DÉVELOPPÉE DANS LE CADRE DU PASCF (adaptée de M. Cormier, courriel, 8 juin 2016)

Nom chimique	Valeur recommandée	Unités	Application	Récepteurs	Description de l'objectif de protection	Objectif opérationnel de protection	Principale compétence concernée	Référence(s)*
Béryllium	1,06	mg/kg p.s.		Mammifères	Effets minimes sur les récepteurs	Valeur la plus faible entre la valeur de détection du ORNL (1997) ou la valeur Eco-SSL de l'EPA – R5	États-Unis	Bachman, 2008
	10	mg/kg p.s.		Plantes	Effets phytotoxiques minimes sur le biote végétal	10 ^e centile de la distribution des CMEO	États-Unis	ORNL, 1997b; Bachman, 2008
	40	mg/kg p.s.		Invertébrés	Effets minimes sur les récepteurs en contact direct avec le sol	Moyenne géométrique des valeurs de CE ₂₀ pour les invertébrés du sol	EPA des É.U.	EPA, 2003; Bachman, 2008
	21	mg/kg p.s.		Mammifères	Effets minimes sur les consommateurs de biote du sol	Quotient de risque = 1	EPA des É.U.	EPA, 2003
Fer	200	mg/kg p.s.		Microorganismes	Effets minimes sur les processus microbiens	10 ^e centile de la distribution des CMEO pour les processus microbiens	États-Unis - Ministère de l'Environnement (DOE)	ORNL, 1997a; EPA, 2001; Bachman, 2008
Lanthane	50	mg/kg p.s.		Invertébrés du sol, processus microbiens et plantes terrestres	Effets minimes sur les récepteurs	10 % de la distribution des CMEO	États-Unis	ORNL, 1997; EPA, 2001; Bachman, 2008
Lithium	2	mg/kg p.s.	Objectif de nettoyage du sol	Ressources écologiques	Protection des ressources écologiques	S.O.	New York	NYDEC, 2010
	2	mg/kg p.s.		Plantes	Concentration de détection révélant des effets possibles sur le biote terrestre	DSENO pour les espèces végétales/FI	États-Unis	EPA, 2003; EPA, 2001; Bachman, 2008; ORNL, 1997b
	10	mg/kg p.s.		Microorganismes	Effets minimes sur les processus microbiens	10 ^e centile de la distribution des CMEO pour les processus microbiens	États-Unis - Ministère de l'Environnement (DOE)	ORNL, 1997a; Bachman, 2008
Uranium	23	mg/kg p.s.	Utilisations agricoles/résidentielles, conditions d’eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	La plus faible protection entre la protection des organismes en contact direct (25 ^e centile des valeurs de CE ₂₅), la protection de la vie aquatique contre l'exposition aux eaux souterraines (modélisée d'après les recommandations relatives à la qualité des eaux), des consommateurs tertiaires (DSENO avec facteur d'incertitude) ou de la santé humaine	Alberta	Alberta Environment, 2010
	33	mg/kg p.s.	Utilisations commerciales, conditions d’eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Alberta	Alberta Environment, 2010
	300	mg/kg p.s.	Utilisations industrielles, conditions d’eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Alberta	Alberta Environment, 2010
	0,3	mg/kg p.s.	Tous	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Alberta	Alberta Environment, 2010
	23	mg/kg p.s.	Terres agricoles	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Canada	CCME, 2006
	23	mg/kg p.s.	Utilisations résidentielles/parcs	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Canada	CCME, 2006
	33	mg/kg p.s.	Utilisations commerciales	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Canada	CCME, 2006
	300	mg/kg p.s.	Utilisations industrielles	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	Idem	Canada	CCME, 2006
	5	mg/kg	Objectif de nettoyage du sol	Ressources écologiques	Protection des ressources écologiques	S.O.	New York	NYDEC, 2010
	23	mg/kg p.s.	Sol de surface, utilisations résidentielles/parcs, conditions d’eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Protéger la santé humaine, les plantes, les organismes vivant dans le sol, les mammifères et les espèces aviaires, et protéger contre le lessivage vers les eaux souterraines et la migration dans l'air	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011

ANNEXE 9 (SUITE) – CRITÈRES DES SOLS DISPONIBLES DU CCME ET DE LA BASE DE DONNÉES DÉVELOPPÉE DANS LE CADRE DU PASCF (adaptée de M. Cormier, courriel, 8 juin 2016)

Nom chimique	Valeur recommandée	Unités	Application	Récepteurs	Description de l'objectif de protection	Objectif opérationnel de protection	Principale compétence concernée	Référence(s)*
Uranium	33	mg/kg p.s.	Sol de surface, utilisations industrielles/commerciales, eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Idem	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011
	300	mg/kg p.s.	Couches inférieures du sol	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Idem	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011
	5	mg/kg p.s.		Plantes	Effets phytotoxiques minimes sur le biote végétal	10 ^e centile de la distribution des CMEO	États-Unis	ORNL, 1997b; EPA, 2001; EPA, 2003; Bachman, 2008
Vanadium	130	mg/kg p.s.	Tous	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Aucun effet inacceptable sur les récepteurs écologiques clés	La plus faible protection entre la protection des organismes en contact direct (25 ^e centile des valeurs de CE ₂₅), la protection de la vie aquatique contre l'exposition aux eaux souterraines (modélisée d'après les recommandations relatives à la qualité des eaux), des consommateurs tertiaires (DSENO avec facteur d'incertitude) ou de la santé humaine	Canada	CCME, 2006; Alberta Environment, 2010
	42	mg/kg p.s.	Valeur cible	Toutes les espèces	Risque négligeable pour l'écosystème	5 ^e centile de la distribution de la CSEO divisée par 100	Pays-Bas	Swatjes, 1999
	250	mg/kg p.s.	Concentration associée à un risque grave	Toutes les espèces	Protéger les écosystèmes contre les dommages graves	50 ^e centile de la distribution de la CSEO	Pays-Bas	Verbuggen et al., 2001
	39	mg/kg	Objectif de nettoyage du sol	Ressources écologiques	Protection des ressources écologiques	S.O.	New York	NYDEC, 2010
	86	mg/kg p.s.	Sol de surface, conditions d'eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Protéger la santé humaine, les plantes, les organismes vivant dans le sol, les mammifères et les espèces aviaires, et protéger contre le lessivage vers les eaux souterraines et la migration dans l'air	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011
	160	mg/kg p.s.	Couche inférieure du sol, conditions d'eaux souterraines non potables	Fonction de l'écosystème et santé humaine	Idem	Valeurs les plus faibles sélectionnées parmi toutes les voies d'exposition du récepteur	Ontario	MOE, 2011
	2	mg/kg p.s.		Plantes	Effets phytotoxiques minimes sur le biote végétal	10 ^e centile de la distribution des CMEO	États-Unis	ORNL, 1997b; EPA, 2001; Bachman, 2008
	1,59	mg/kg		Mammifères	Effets minimes sur les récepteurs	Valeur la plus faible entre la valeur de détection du ORNL ou la valeur Eco-SSL de l'EPA – R5	États-Unis	Bachman, 2008
	20	mg/kg p.s.		Microorganismes	Effets minimes sur les processus microbiens	10 ^e centile de la distribution des CMEO pour les processus microbiens	États-Unis - Ministère de l'Environnement (DOE)	ORNL, 1997a; Bachman, 2008
	7,8	mg/kg p.s.		Espèces aviaires	Effets minimes sur les consommateurs de biote du sol	Quotient de risque = 1	EPA des É.U.	EPA, 2003; Bachman, 2008
	280	mg/kg p.s.		Mammifères	Effets minimes sur les consommateurs de biote du sol	Quotient de risque = 1	EPA des É.U.	EPA, 2003

* Voir le fichier Excel d'origine pour les références complètes.
CE_x : concentration avec un effet qui affecte X % des organismes
CMEO : concentration minimale avec effets observés
CSEO : concentration sans effet observé
DSENO : dose sans effet nocif observé

ANNEXE 10 – FICHES COMPILANT LES INFORMATIONS ESSENTIELLES POUR L'APPLICATION D'UNE ÉRÉ SUR LE CARIBOU MIGRATEUR ET LE LIÈVRE ARCTIQUE

CARIBOU MIGRATEUR <i>RANGIFER TARANDUS</i>			
Masse corporelle	M	160 kg (120 à 200)	MFFP, 2016
	F	110 kg (80 à 140)	MFFP, 2016
Longueur totale	M	2,3 m	MFFP, 2016
	F	1,7 m	MFFP, 2016
Taux métabolique	5 510 et 7 370 kcal/ jour pour des femelles pesant respectivement 80 et 90 kg		McEwan, 1970
Type d'habitat	Toundra arctique, taïga subarctique et forêt boréale		MFFP, 2016
	La harde de la rivière aux Feuilles (Québec) et celle de la rivière George (Labrador) sont les plus importantes. Elles figurent parmi les plus grandes hardes de caribous en Amérique du Nord, comptant respectivement quelques 600 000 et 400 000 individus.		Fédération canadienne de la faune, 2005a
Utilisation de l'habitat (Hiver Été)	Les milieux perturbés par les coupes forestières et les brûlis récents, où l'abondance de nourriture est moindre et où la vulnérabilité à la prédation est plus élevée, sont évités.		Courtois, 2003
Domaine vital	Le caribou migrateur est grégaire et nomade; il se déplace constamment d'un pâturage à l'autre, parfois sur de très grandes distances (1 300 kilomètres) et forme des troupes regroupant plusieurs milliers de bêtes de sexes et d'âges différents. Au cours d'une année, les caribous migrants que l'on trouve au Québec et au Labrador peuvent parcourir d'impressionnantes distances (de 2 000 à 6 000 kilomètres). Les grands rassemblements surviennent à trois principaux moments : avant la migration printanière, immédiatement après la mise bas et pendant la migration d'automne, lors du rut. Les écotypes de caribous forestiers et montagnards sont plutôt solitaires et effectuent des déplacements saisonniers plus courts.		MFFP, 2016
	30 à 1500 km ²	<i>Rangifer tarandus caribou</i> (Caribou des bois)	MFFP, 2015
Gilde / Comportement alimentaire	Herbivore Brouteur		Banfield, 1974
Activité	Diurne, le caribou est principalement actif (alimentation) à l'aube et au crépuscule Continuellement en déplacement, il migre au printemps et en automne Saison de reproduction : automne (de septembre à novembre) La gestation dure de 225 à 235 jours et la mise bas d'un seul petit (très rarement deux) survient en mai ou en juin, dans un habitat peu propice à la prédation. Les caribous migrants se regroupent en petits groupes sur une aire de mise bas, située dans la toundra arctique, dont le relief est variable selon les troupes.		MFFP, 2016
Régime alimentaire	Hiver : lichens terrestres et arboricoles, prêles, carex séchés et ramilles de saules et bouleaux Été : tiges et racines de plantes herbacées, de ramilles de plusieurs arbres et arbustes (saules, bouleaux, bleuets, etc.), champignons et fruits. Les mâles se nourrissent peu pendant le rut (automne).		MFFP, 2016

CARIBOU MIGRATEUR *RANGIFER TARANDUS*

Plantes ligneuse : 13 à 45 %

Graminée : 8 à 29 %

Lichen : 37 à 73 %

Mousse : 1 à 3 %

Rangifer tarandus tarandus
(renne d'Europe)

Storeheier et al., 2002

Printemps : 51 % carex

16 % arbuste à feuillage caduques

12 % herbacées

9 % arbustes à feuillage persistant

10 % lichen

2 % autres

Été : 25 % champignon

24 % lichen

15 % arbuste à feuillage caduques

8 % herbacée

8 % arbustes à feuillage persistant

5 % mousse

5 % plantes aquatique

Automne :

38 % lichen

12 % champignon

12 % herbacée

12 % arbustes à feuillage persistant

10 % carex

9 % arbuste à feuillage caduques

5 % mousse

Hiver :

56 % Lichen

23 % arbustes à feuillage persistant

7 % carex

6 % mousse

4 % sapin baumier

3 % arbuste à feuillage caduques

1 % autre

Étude faite à Terre-Neuve

Bergerud, 1972

Liste des plantes (nom) disponible dans l'article

Taux d'ingestion de nourriture	Été : 82 à 131 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	Eilertsen, Schjelderup et al., 1999
	Été : 36 à 137 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	White and Staaland, 1983

CARIBOU MIGRATEUR <i>RANGIFER TARANDUS</i>			
	Été : 96 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	Mathiesen et al, 2000
	Été : 132-157 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	Staal and Hove, 2000
	Hiver : 37 à 66 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	Storeheier, Mathiesen et al., 2003
	Hiver : 74 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	Staal and Hove, 2000
	Hiver : 145-271 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	Hanson et al., 1975
	Hiver : 183 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	Holleman et al., 1979
	Hiver : 34 à 61 g de matière sèche/ jour/ masse corporelle kg (0-75)	<i>Rangifer tarandus tarandus</i>	Storeheier, Van Oort et al., 2003
Taux d'ingestion d'eau (à déterminer avec l'équation)	$T_{inge} = \frac{0,099(Pds)^{0,90}}{Pds}$ <p>où Tinge : taux d'ingestion d'eau (l/(kg*j)); Pds : poids de l'animal (kg).</p>		
Taux d'ingestion de sol	9,3 à 50 % du poids sec de la nourriture ingérée (hiver)	<i>Rangifer tarandus caribou</i>	Beyer, Gaston et al., 2007
	2 % du poids sec de la nourriture ingérée	<i>Rangifer tarandus caribou</i>	Beyer, Gaston et al., 2007
Taux d'inhalation d'air (à déterminer avec l'équation)	$T_{inh} = \frac{0,54579 \times (Pds)^{0,8}}{Pds}$ <p>où Tinh : taux d'inhalation (m³/(kg*j)); Pds : poids de l'animal (kg).</p>		
Particularités de l'espèce	Seul écotype qui fait l'objet d'une chasse sportive au Québec. Par contre, en raison d'un déclin démographique important, la chasse sportive des caribous du troupeau de la rivière George est interdite au Québec depuis 2012.		
			MFFP, 2016

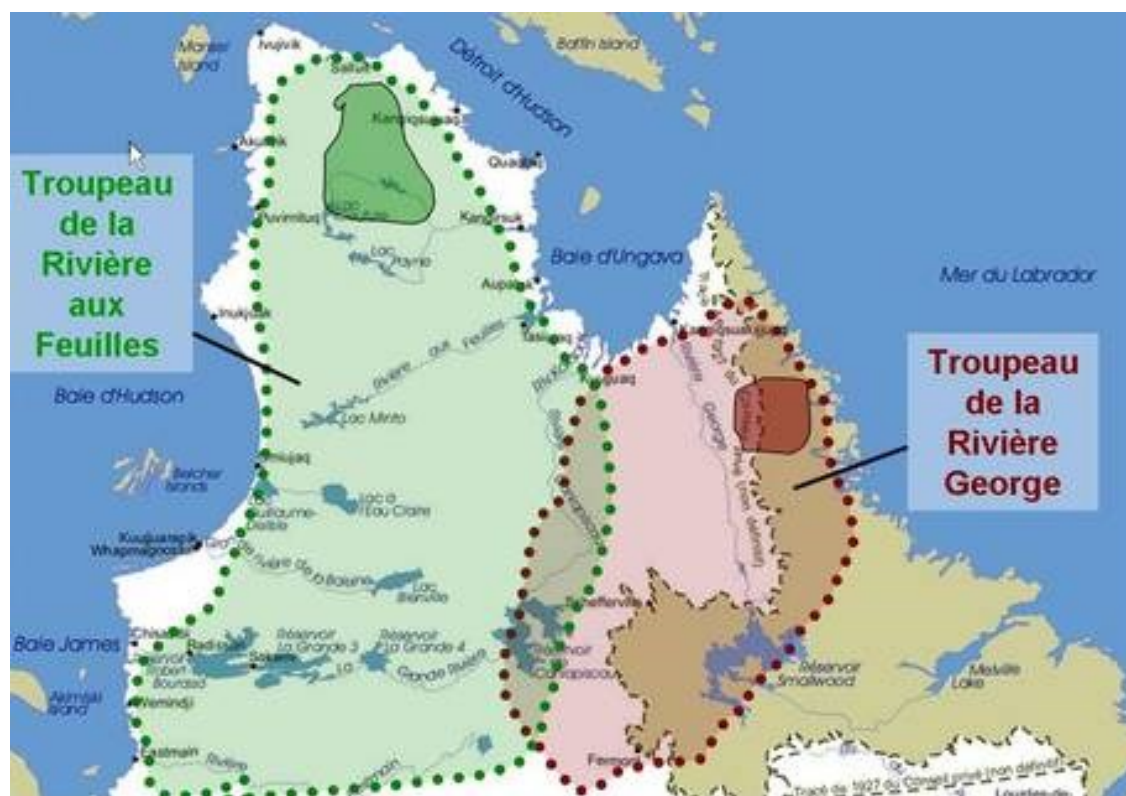


Figure A.2 Répartition des troupeaux de caribou migrateur (*Rangifer tarandus*) au Québec (tiré de : Caribou Ungava, s. d.)

RÉFÉRENCES DE LA FICHE DU CARIBOU MIGRATEUR

- Banfield, A.W.F. (1974). *Les mammifères du Canada*. Québec, Québec : Les Presses de l'Université Laval et University of Toronto Press.
- Bergerud, A. T. (1972). Food habits of Newfoundland caribou. *Journal of Wildlife Management*, 36(3), 913-&.
- Beyer, W. N., Gaston, G., Brazzle, R., O'Connell, A. F. Jr et D. J. Audet (2007). Deer exposed to exceptionally high concentrations of lead near the Continental Mine in Idaho, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26(5), 1040-1046.
- Caribou Ungava (s. d.). Description du projet de recherche. Repéré sur le site de Caribou Ungava : http://www.caribou-ungava.ulaval.ca/description_du_projet/
- Courtois, R., Dussault, C., Gingras, A. et G. Lamontagne (2003). *Rapport sur la situation du caribou forestier au Québec*. Repéré sur le site du MFFP, section Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec – Caribou des bois, écotype forestier : www.mffp.gouv.qc.ca/publications/faune/rap_sit_car_for.pdf
- Eilertsen, S. M., Schjelderup, I. et S. D. Mathiesen (1999). Utilization of old meadow by reindeer in spring in northern Norway. *Rangifer*, 19(1), 3-11.
- Fédération canadienne de la faune (2005a). Le caribou. Repéré sur le site de Faune et flore du pays, section Faune – Mammifères : <http://www.hww.ca/fr/faune/mammiferes/le-caribou.html#sid6>
- Hanson, W. C, Whicker F. W. et Liscomb J. F. (1975). Lichen forage ingestion rates of free-roaming caribou estimated with fallout cesium-137. *Biological Papers of the University of Alaska*, 71-79.
- Holleman, D.F., Luick, J.R. et White, R.G. (1979). Lichen intake estimates for reindeer and caribou during winter. *Journal of Wildlife Management*, 43, 192 – 201.
- Mathiesen, S. D., Haga, Ø. E., Kaino, T. et Tyler, N. J. C. (2000). Diet composition, rumen papillation and maintenance of carcass mass in female Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) in winter. *Journal of Zoology*, 251, 129-138.
- McEwan, E. H. (1970). Energy metabolism of barren ground caribou (*Rangifer tarandus*). *Canadian Journal of Zoology*, 48(2), 391-392.
- MFFP (2015). Caribou des bois, écotype forestier. Repéré sur le site du MFFP, section Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=53>
- MFFP (2016). Caribou. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Chasse – Gibiers du Québec : <https://mffp.gouv.qc.ca/faune/chasse/gibiers/caribou.jsp>
- Staaland, H. and K. Hove (2000). Seasonal changes in sodium metabolism in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) in an inland area of Norway. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 32(3), 286-294.

- Storeheier, P. V., Mathiesen, S. D., Tyler, N. J. C. et Olsen, M. A. (2002). Nutritive value of terricolous lichens for reindeer in winter. *Lichenologist*, 34, 247-257.
- Storeheier, P. V., Van Oort, B. E. H., Sundset, M. A. et S. D. Mathiesen (2003). Food intake of reindeer in winter. *Journal of Agricultural Science*, 141, 93-101.
- Storeheier, P. V., Mathiesen, S. D. et M. A. Sundset (2003). Estimating faecal output in reindeer during winter. *Livestock Production Science*, 84(1), 23-30.
- White, R. G. et Staaland, H. (1983). Ruminant volatile fatty acid production as indicator of forage quality in Svalbard reindeer. *Acta Zoologica Fennica*, 175, 61-63

LIÈVRE ARCTIQUE <i>LEPUS ARCTICUS</i>			
Masse corporelle	M-F	4,75 kg (2,7 à 6,8 kg)	MFFP, 2016
Longueur totale	M-F	558 mm	Best et Henry, 1994
Taux métabolique	F : 162 et 262 kcal/ jour pour des individus pesant respectivement 2,853 et 3,030 kg M : 133 et 212 kcal/jour pour des individus pesant respectivement 3,055 et 3,613 kg		Wang et al., 1973
Type d'habitat	Toundra, montagnes, au nord de la limite des arbres		Betzler, B., 2015
	Le lièvre arctique, qui est bien adapté aux températures froides et aux conditions enneigées, est retrouvé dans la toundra montagneuse, les plateaux rocheux et les côtes dénudées d'arbres. Dans ces environnements, la température quotidienne moyenne de mars à novembre est de -26,9 degrés Celsius, et les précipitations de neige moyenne sont de 37,5 cm. Le lièvre arctique peut être trouvé à des élévations entre 0 et 900 m.		Best et Henry, 1994 Small et al., 1991
Utilisation de l'habitat (Hiver Été)	Malgré le fait que le lièvre arctique puisse avoir des interactions avec d'autres individus de l'espèce à l'occasion et puisse former de grands groupes, il est généralement solitaire en dehors de la saison de reproduction. Puisque le lièvre arctique couvre de grandes distances pour trouver des partenaires potentiels durant la saison de reproduction, son domaine vital est plus étendu lors des mois plus chauds du printemps et de l'été (mars à avril) que durant les mois d'hiver. Durant l'été, ils migrent vers les régions plus nordiques.		Betzler, B., 2015
Domaine vital	M: 116-155 ha F: 52-69 ha		Best et Henry, 1994
Guilde / Comportement alimentaire	Herbivore (folivore)		Betzler, B., 2015
Activité	Le lièvre arctique est nocturne, malgré le fait que durant les mois d'hiver, il se repose plus sporadiquement durant la journée. Le lièvre arctique se reproduit en avril ou en mai. Les femelles ont, en moyenne, une portée par année, mais peuvent en avoir jusqu'à deux. Les portées varient de deux à huit juvéniles, contrairement à d'autres espèces du genre <i>Lepus</i> , qui ont généralement des portées d'un à quatre juvéniles. La période de gestation du lièvre arctique est approximativement de 50 jours et il met bas habituellement en mai ou en juin.		Betzler, B., 2015
Régime alimentaire	<i>Salix arctica</i> : 95 % (toute saison) Herbacée (dryas, saxifrage), camarine noire (éricacée), lichens, mousses, fleurs, feuilles, brindilles, racines d'algues : 5 % (plus diversifié en été qu'en hiver)		Best et Henry, 1994
Taux d'ingestion de nourriture	0,061 kg d'aliments (poids sec)/kg de PC humide/jour	<i>Lepus americanus</i> (lièvre d'Amérique)	Walski et Mautz, 1977
Taux d'ingestion d'eau (à déterminer avec l'équation)	$Tinge = \frac{0,099(Pds)^{0,90}}{Pds}$ <p>où Tinge : taux d'ingestion d'eau (l/(kg*j)); Pds : poids de l'animal (kg).</p>		

LIÈVRE ARCTIQUE *LEPUS ARCTICUS*

Taux d'ingestion de sol	6,3 % du taux d'ingestion d'aliments (poids sec)	On estime que 6,3 % du régime alimentaire est composé de sol (poids sec) (USEPA, 1993).
Taux d'inhalation d'air (à déterminer avec l'équation)	$Tinh = \frac{0,54579 \times (Pds)^{0,8}}{Pds}$ <p>où Tinh : taux d'inhalation (m³/(kg*j)); Pds : poids de l'animal (kg).</p>	
Particularités de l'espèce	Prédateur : <ul style="list-style-type: none"> • Renard arctique (<i>Vulpes lagopus</i>) • Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>) • Loup gris (<i>Canis lupus</i>) • Lynx du Canada (<i>Lynx canadensis</i>) • Hermine (<i>Mustela erminea</i>) • Harfang des neiges (<i>Bubo scandiacus</i>) • Faucon gerfaut (<i>Falco rusticolus</i>) • Buse pattue (<i>Buteo lagopus</i>) • Humain 	Betzler, B., 2015

Répartition du lièvre arctique (*Lepus arcticus*) au Québec



Figure A.3 Répartition du lièvre arctique (*Lepus arcticus*) au Québec (tiré de : MFFP, 2009)

RÉFÉRENCES POUR LA FICHE DU LIÈVRE ARCTIQUE

- Best, T. et T. Henry (1994). *Lepus arcticus*. *Mammalian Species*, 457, 1-9.
- Betzler, B. (2015). *Lepus arcticus*. Repéré sur le site Animal Diversity Web:
http://animaldiversity.org/accounts/Lepus_arcticus/
- MFFP (2009). *Répartition du lièvre arctique (Lepus arcticus) au Québec*. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Chasse – Gibiers du Québec :
<https://mffp.gouv.qc.ca/faune/chasse/gibiers/pdf/repartition-lievre-arctique.pdf>
- MFFP (2016). Lièvre arctique. Repéré sur le site du MFFP, section La faune – Chasse – Gibiers du Québec : <https://mffp.gouv.qc.ca/faune/chasse/gibiers/lièvre-arctique.jsp>
- Small, R., Keith, L. et R. Barta (1991). Dispersion of introduced arctic hares (*Lepus arcticus*) on islands off Newfoundland's south coast. *Canadian Journal of Zoology*, 69(10), 2618-2623.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA; 1993). *Wildlife Exposure Factors Handbook. Vol. 1. EPA/600/R-93/187a. Office of Research and Development*. Washington, DC.
- Walski, T.W. et W.W. Mautz (1977). Nutritional Evaluation of Three Winter Browse Species of Snowshoe Hares. *The Journal of Wildlife Management*, (41), 144-147
- Wang, L., Jones, D., MacArthur, R. et W. Fuller (1973). *Adaptation to cold: energy metabolism in an atypical lagomorph, the arctic hare (Lepus arcticus)*. Repéré sur le site de Canadian Journal of Zoology: www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/z73-125